

Tagungsbeitrag zu:  
 Vortrags- und Exkursionstagung zur Bodenschätzung  
 AG Bodenschätzung und Bodenbewertung  
 der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft,  
 07.–09.09.2010 im Kloster St. Marienthal  
 bei Ostritz/Oberlausitz  
 Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation),  
<http://www.dbges.de>

## Nutzung von Bodenschätzungsdaten zur Modellierung der Humusreproduktion mit dem Modell CCB

Thiel<sup>1\*</sup>, E., Franko<sup>1</sup>, U., Kolbe<sup>2</sup>, H.

### 1 Einleitung

Der Boden ist einer der bedeutendsten Kohlenstoffspeicher im globalen System (Smith et al., 2008). Gegenwärtig existieren verschiedene Verfahren, mit denen eine Berechnung der Humusreproduktion durchgeführt werden kann. Das sind zum einen Prozessmodelle, 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.

### 2 Zielstellung

Für den Einsatz unter Praxisbedingungen mit der dort gewöhnlich anzutreffenden reduzierten Datengrundlage wurde das Modell **C**ANDY **C**arbon **B**alance (**CCB**) erstellt (Franko et al., 2010). Die Arbeitsweise von CCB ist auf die Abbildung mittlerer (zeitlicher) Bedingungen ausgerichtet. Dazu wird die standorttypische biologische Aktivität durch eine Gleichung aus einfach zugänglichen Standortgrunddaten der Reichsbodenschätzung (RBS) berechnet. Stoffflüsse hinsichtlich Kohlenstoff und Stickstoff werden auf der Basis fruchtfolgebezogener Mittel-

werte modelliert und in Jahresschritten als Ergebnis ausgegeben.

Mit dem Modell können Aussagen zur Kohlenstoffspeicherung im Boden gemacht und ebenso Szenarioanalysen (Klimafolgen, Landnutzungsänderungen) unter Praxisbedingungen durchgeführt werden.

Im Beitrag wird die Entwicklung des Modells CCB aufgezeigt. Dabei wird die Eignung von Bodenschätzungsdaten der RBS für die Modellierung der Humusreproduktion mit CCB diskutiert.

### 3 Methodik

Die Zielstellung der CCB - Entwicklung war eine Anwendbarkeit in der Praxis durch den geschulten Landwirt und die Landwirtschaftsberatung. Als Minimum für die Modelleingabedaten wurden folgende Kriterien aus der Praxis definiert:

#### Boden (0-30 cm)

- Ton
- Bodenart nach RBS
- Skelettgehalt

#### Bewirtschaftung

- Fruchtart, Ertrag
- organische Düngung
- Beregnung

#### Klima

- Niederschlag
- Lufttemperatur

Die Daten für Bewirtschaftung und Klima können in Form von Werten der Einzeljahre oder als langjährige Mittelwerte verwendet werden.

Als Basis für den Aufbau des Berechnungswerkzeuges CCB diente das Modell **C**ARbon and **N**itrogen **D**Ynamics (**CANDY**), bei dem es sich um ein Prozessmodell zur Simulation der C- und N-Dynamik im Boden handelt (Franko, 1989; Franko et al., 1995).

<sup>1</sup> HELMHOLTZ Centre for Environmental Research (UFZ), Department of Soil Physics, Theodor-Lieser-Straße 4, 06120 Halle/Saale

<sup>2</sup> Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Referat Pflanzenbau, Nachwachsende Rohstoffe, Gustav-Kühn-Str. 8, 04159 Leipzig

\*Corresponding author: [enrico.thiel@ufz.de](mailto:enrico.thiel@ufz.de),  
 Tel.: +49 (0)345/558-5422, Fax: +49 (0)345/558-5559

Für die Validierung des Modells CCB wurde eine Datenbasis aus 40 Dauerversuchen mit 391 Versuchsvarianten und insgesamt 4794  $C_{org}$  - Messwerten genutzt. Der Hauptteil der Versuche weist Standortcharakteristika von 8-10 °C mittlerer Jahrestemperatur und 500-700 mm Jahresniederschlag sowie einem Tongehalt von < 20 M.% für die Bodenschicht 0-30 cm auf.

Ausgehend von den Minimalbodendaten werden folgende Pedotransferfunktionen genutzt, um die intern im Modell CCB benötigten Größen abzuleiten:

- Textur: Capelle et al., 2006; log-lineare Interpolation nach Nemes et al., 1999
- Trockenrohichte: Rühlmann & Körschens, 2009
- Trockensubstanzdichte: Rühlmann et al., 2006
- FK, PWP: Lieberoth, 1982
- Inert Faktor Kohlenstoff (CIF): Kuka et al., 2007; Puhmann et al., 2006
- biologisch aktive Zeit (BAT): Franko et al., 1995

Zur Beurteilung der Modellgüte wurde die Fehlergröße mittlerer quadratischer Fehler RMSE ((Gl. 1) sowie die der mittlere Fehler ME ((Gl. 2) zur Beurteilung einer systematischen Abweichung genutzt.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{n}} \quad \text{(Gl. 1)}$$

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)}{n} \quad \text{(Gl. 2)}$$

- O Messwerte
- P Modellwerte
- n Anzahl

## 4 Ergebnisse und Diskussion

Ausgehend von den definierten Zielstellungen wurde ein anwendungsbereites Modell geschaffen. Die Struktur ist in der Abb. 1 dargestellt. Das eigentliche Modell benötigt keine Installation und kann direkt mit einer Datenbank, in welcher alle benötigten Daten verwaltet werden genutzt werden.

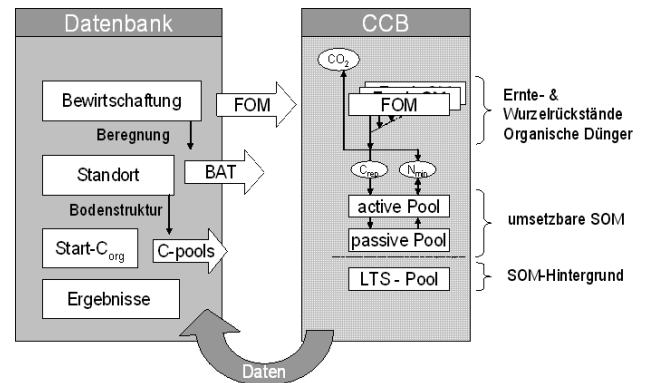


Abb. 1 Aufbau des Modells CCB und der zugehörigen Datenbank

Die Modellbewertung nach einer durchgeführten  $C_{org}$  - Startwertoptimierung zeigt mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,948 sehr gute Modellergebnisse (Abb. 2). Die Fehlermaße RMSE und ME, welche im Idealfall gegen 0 tendieren, weisen mit 0,119 bzw. -0,001 M.%  $C_{org}$  auf ein gutes Modellverhalten hin.

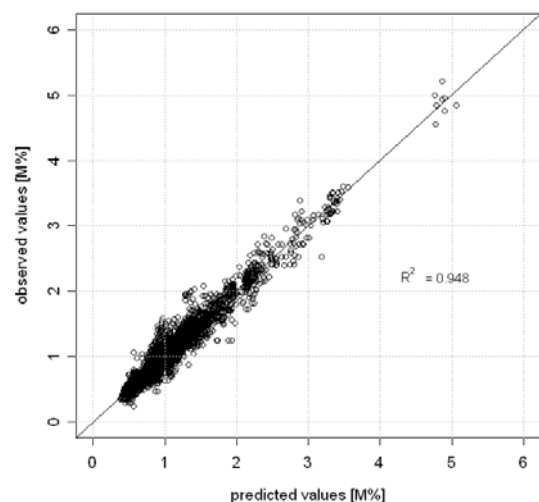


Abb. 2 Vergleich von Mess- und Modellwerten der simulierten 40 Dauerversuche

Hinsichtlich des generellen Modellverhaltens wurden verschiedene Einflussfaktoren (z.B. Temperatur, Versuchsdauer, Vollständigkeit der Bodeninformationen etc.) geprüft. Hinsichtlich der Bodeninformationen zeigte sich, dass sich die Modellergebnisse ausgehend vom Eingabeminimum hin zum vollständigen Vorliegen der notwendigen Bodenparameter verbessern.

Für einzelne Versuche wird eine Verbesserung der Datenqualität (Kenntnis der Erträge der Einzeljahre, Information zur Bodenstruktur und -textur, Schlaggeschichte) zur Optimierung des Modellverhaltens angestrebt.

Aufgrund der geringen Anzahl (n=8) von Versuchsvarianten auf Tonböden, ist ein Ausbau der Datenbasis sinnvoll.

Problematisch wird die Modellanwendung gesehen, wenn im Minimumdatensatz die Bodenart der Reichsbodenschätzung verwendet wird, welche geschichtete Profile beschreibt und/oder der Einfluss der Skelettgehalte in die Festlegung der Bodenart in der Bodenschätzung einfließt. Eine Plausibilitätsprüfung der Modellergebnisse ist für diese Bedingungen unabdingbar.

Hinsichtlich der Anwenderunterstützung wurden folgende Option geschaffen:

- WINDOWS lauffähig (XP, Vista, W7)
- keine Installation erforderlich
- Nutzerhandbuch
- Funktionen zur Erstellung von Berichten
- Integrierte Literatur-Verwaltung
- „R“ - Schnittstelle
- Unterstützung von SQL-Scripten
- Datenaustausch über SOMNET website

Das Modell CCB kann über [www.ufz.de/index.php?de=13999](http://www.ufz.de/index.php?de=13999) frei heruntergeladen werden. Für die Verwaltung der Versuchsdaten wurde die SOMNET-Schnittstelle (Franko et al., 2002) erweitert ([www.ufz.de/somnet](http://www.ufz.de/somnet)).

## 5 Fazit

Mit dem Modell CCB wurde ein einsatzfähiges Werkzeug für die Praxis geschaffen. Das Modell weist ein sehr gutes Validierungsergebnis hinsichtlich der verwendeten Datengrundlage auf. Daten der Bodenschätzung, welche dem Praktiker zur Verfügung stehen, können für die Fruchtfolgeplanung und die Abschätzung der Kohlenstoffspeicherung im Boden genutzt werden. Das Modell verbindet die Bodenschätzung, die Bodenwissenschaft und die Agrarverwaltung.

## 6 Danksagung

Die Arbeiten wurden durch das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) finanziert. Herrn Hartmut Kolbe (LfULG) sei für die konstruktive Zusammenarbeit gedankt. Vielen Dank auch an die AG C-N-Dynamik (UFZ) sowie die studentischen Hilfskräfte (Universität Halle) Frank Schulter und Ulrike Klama für die Unterstützung bei der Datenrecherche, Datenaufbereitung und Diskussion der Modellergebnisse.

## 7 Literatur

- Capelle, A., Ulonska, H.-J. & Rötcher, T., 2006. Administrative und wissenschaftliche Nachnutzung von Primärdaten der Bodenschätzung. *WasserWirtschaft*(7-8): 5.
- Franko, U., 1989. C- und N-Dynamik beim Umsatz organischer Substanz im Boden. Dissertation Thesis, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Berlin.
- Franko, U., Kolbe, H., Thiel, E. & Ließ, E., 2010. Multi-site validation of a soil organic matter model based on generally available input data. (in preparation).
- Franko, U., Oelschlägel, B. & Schenk, S., 1995. Simulation of temperature, water and nitrogen dynamics using the model CANDY. *Ecological Modelling*, 81(1-3): 213-222.
- Franko, U., Schramm, G., Rodionova, V., Korschens, M., Smith, P., Coleman, K., Romanenkov, V. & Shevtsova, L.,

2002. EuroSOMNET - a database for long-term experiments on soil organic matter in Europe. *Computers and Electronics in Agriculture*, 33(3): 233-239.
- Kuka, K., Franko, U. & Rühlmann, J., 2007. Modelling the impact of pore space distribution on carbon turnover. *Ecological Modelling*, 208(2-4): 295-306.
- Lieberoth, I., 1982. *Bodenkunde*. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 1-431 pp.
- Nemes, A., Wosten, J.H.M., Lilly, A. & Voshaar, J.H.O., 1999. Evaluation of different procedures to interpolate particle-size distributions to achieve compatibility within soil databases. *Geoderma*, 90(3-4): 187-202.
- Puhlmann, M., Kuka, K. & Franko, U., 2006. Comparison of methods for the estimation of inert carbon suitable for initialisation of the CANDY model. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 74(3): 295-304.
- Rühlmann, J. & Körschens, M., 2009. Calculating the effect of soil organic matter concentration on soil bulk density. *Soil Science Society of America Journal*, 73(3): 876-885.
- Rühlmann, J., Körschens, M. & Gräfe, J., 2006. A new approach to calculate the particle density of soils considering properties of the soil organic matter and the mineral matrix. *Geoderma*, 130(3-4): 272-283.
- Smith, P., Fang, C., Dawson, J.J.C., Moncrieff, J.B. & Donald, L.S., 2008. Impact of Global Warming on Soil Organic Carbon, *Advances in Agronomy*. Academic Press, pp. 1-43.