

Tagungsbeitrag Jahrestagung der DBG, Kom. II  
 Titel der Tagung: Boden – eine endliche Ressource  
 Veranstalter: DBG; September 2009, Bonn  
 Berichte der DBG (nicht begutachtete Online Publikation)  
<http://www.dbges.de>

## Modellierung der C-Dynamik in Unterböden mittels einfacher Modelle

M. Helfrich<sup>1,2</sup>, H. Flessa<sup>1</sup>, B. Ludwig<sup>2</sup>

### EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Obwohl ~50% der Vorräte organischen Kohlenstoffs der Böden (SOC) weltweit in Unterböden gespeichert sind, basieren die Berechnungen der C-Dynamik-Modelle größtenteils auf den Vorräten der oberen 30 cm des Bodens<sup>[A,B]</sup>. Es ist jedoch schwierig, die daraus resultierenden Erkenntnisse auf den Unterboden zu transferieren.

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Simulation der C-Dynamik in Unterbodenhorizonten nach C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>-Vegetationswechsel (Roggen zu Maismonokultur) mit einfachen Modellen.

### MATERIAL UND METHODEN

Herangezogen wurden C- und  $\delta^{13}\text{C}$ -Daten aus 20–40 cm und 40–60 cm einer Maismonokultur seit 1961 (M<sub>0</sub>: ungedüngt; M<sub>NPK</sub>: mit NPK-Düngung) aus dem Langzeitexperiment „Ewiger Roggenbau“ in Halle. Der Boden ist ein Haplic Phaeozem mit bis zu 50% fossilem C in den ersten 70 cm des Bodens.

Anteil maisbürtiger SOC<sup>[C]</sup>:

$$f = \frac{(\delta^{13}\text{C}_{\text{Maisboden}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{Referenzboden}}^*)}{(\delta^{13}\text{C}_{\text{Maisvegetation}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{Referenzvegetation}}^*)}$$

\*Referenz: ungedüngte (R<sub>0</sub>) bzw. NPK-gedüngte (R<sub>NPK</sub>) Roggenmonokultur

Modellierung: ModelMaker 3.03; simulierter Zeitraum 33 Jahre; C-Einträge an Wurzelverteilung von Maispflanzen orientiert.

### Modell A (Abb. 1, links)

Der pflanzenbürtige SOC ist in 2 Kompartimenten (C<sub>3</sub>- & C<sub>4</sub>-C) enthalten und unterliegt Abbau 1. Ordnung. Der fossile C wurde einem inertem C Kompartiment (IOC) zugeordnet, da er im simulierten Zeitraum keinem nennenswerten Abbau unterliegt.

### Modell B (Abb. 1, rechts)

Der pflanzenbürtige SOC ist auf 4 Kompartimente (aktiver (C<sub>3A</sub>, C<sub>4A</sub>) und passiver (C<sub>3P</sub>, C<sub>4P</sub>) C<sub>3</sub>- bzw. C<sub>4</sub>-C) aufgeteilt und unterliegt Abbau 1. Ordnung. Im Zuge des Abbaus werden 60% des SOC aus dem aktiven ins passive Kompartiment transferiert; 40% gehen als CO<sub>2</sub> verloren (Humifizierungsfaktor „h“). Der fossile C liegt als IOC vor.

### Kalibrierung

Zur Kalibrierung wurde die M<sub>0</sub>-Fläche gewählt. Die adjustierbaren Parameter (Tab. 1) wurden mit dem Optimierungswerkzeug von ModelMaker (Simplex Methode, kleinste Quadrate) ermittelt. Die Anfangsgehalte an C<sub>3</sub>- und C<sub>4</sub>-bürtigem C wurden mittels  $\delta^{13}\text{C}$ - und C-Daten berechnet.

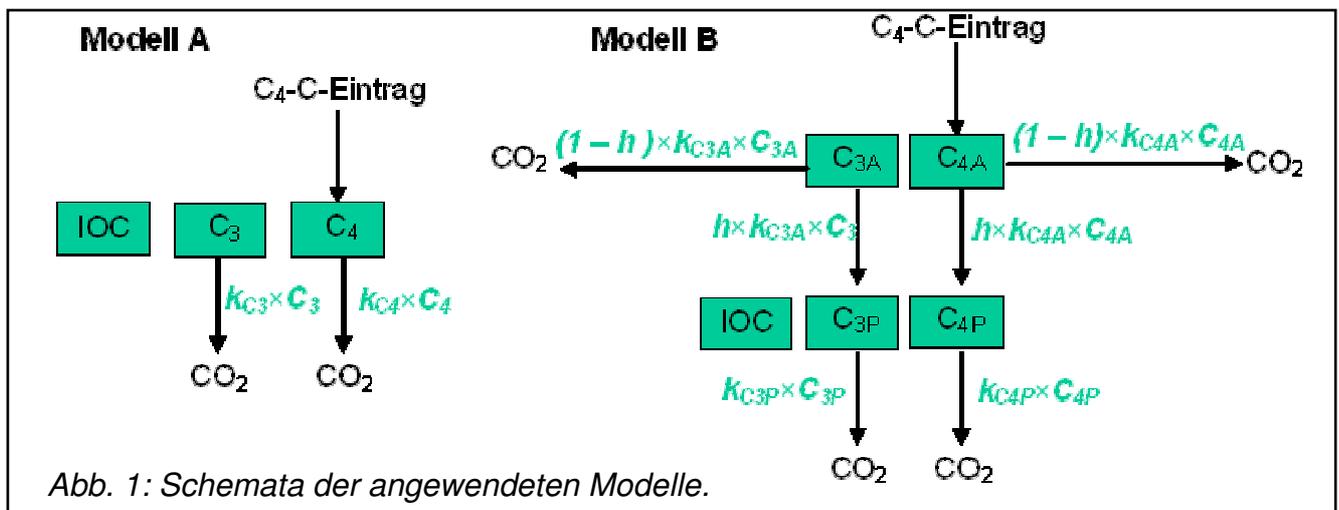


Abb. 1: Schemata der angewendeten Modelle.

<sup>1</sup> Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Agrarrelevante Klimaforschung, Braunschweig.

<sup>2</sup> FG Umweltchemie, Universität Kassel

### Validierung ( $M_{NPK}$ )

Beide Modelle wurden an der  $M_{NPK}$ -Fläche validiert. Bewertet wurde die Simulation über die Modellgüte  $EF^{[D]}$ .

Modell A	$M_0$ (20-40 cm)	$M_0$ (40-60 cm)
$k_{C3}$ ( $Jahr^{-1}$ )	$9,3 \times 10^{-3}$	$5,5 \times 10^{-3}$
$k_{C4}$ ( $Jahr^{-1}$ )	$7,5 \times 10^{-3}$	$2,8 \times 10^{-3}$
Modell B	$M_0$ (20-40 cm)	$M_0$ (40-60 cm)
$h$	0,6	
Startverteilung $C_{3A}:C_{3P}$	39:71	
Startverteilung $C_{4A}:C_{4P}$	10:90	
$k_{C3A}$ ( $Jahr^{-1}$ )	$4,0 \times 10^{-1}$	$8,8 \times 10^{-3}$
$k_{C3P}$ ( $Jahr^{-1}$ )	$2,9 \times 10^{-3}$	$5,8 \times 10^{-3}$
$k_{C4A}$ ( $Jahr^{-1}$ )	$2,9 \times 10^{-2}$	$2,5 \times 10^{-2}$
$k_{C4P}$ ( $Jahr^{-1}$ )	$4,5 \times 10^{-3}$	$2,7 \times 10^{-12}$

### ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Beide Modelle simulierten die C-Dynamik in den untersuchten Unterbodenhorizonten zufrieden stellend ( $EF \geq 0.3$ ). Die erhaltenen Abbauraten sind vergleichbar mit denen anderer Ackerböden des temperaten Bereichs (Ausnahme: sehr niedrige  $k_{C4P}$  in 40–60 cm Tiefe; Tab. 1).

Die Ergebnisse der Kalibrierung, welche durch eine Optimierung erhalten wurden, deuten an, dass eine ausführlichere Datenbasis (Probenahmen, Versuchsvarianten, Messungen) für ein plausibleres Parameterset benötigt wird und dass die uns verfügbaren Daten evtl. zu einem fragwürdigen Parameterset geführt haben. So wäre z.B. eine schnellere Umsatzrate für  $C_4$ - als  $C_3$ -bürtigen C und ein geringerer Anteil an passiven  $C_4$ - als  $C_3$ -bürtigen C in Modell B zu erwarten gewesen, da die Maisflächen seit 1961 keine  $C_3$ -C-Einträge mehr erfahren haben.

### FAZIT

Detaillierte Daten, z.B. C-Einträge aus Wurzelresiduen, Exsudaten, DOC, C-Pools (Poolgrößen und Umsatzraten), werden für die Evaluierung komplexer Unterbodenmodelle dringend benötigt, sind bislang für die meisten Langzeit-Experimente jedoch nur eingeschränkt verfügbar.

### LITERATUR

- <sup>A</sup>Jenkinson et al. 1992, SBB 24, 295-308.
- <sup>B</sup>Parton et al. 1987, SSSAJ 51, 1173-1179.
- <sup>C</sup>Balesdent & Mariotti 1996, In: Boutton & Yamasaki: Mass spectrometry of soils, Marcel Dekker, 83ff.
- <sup>D</sup>Smith et al. 1997, Geoderma 81, 153-225.

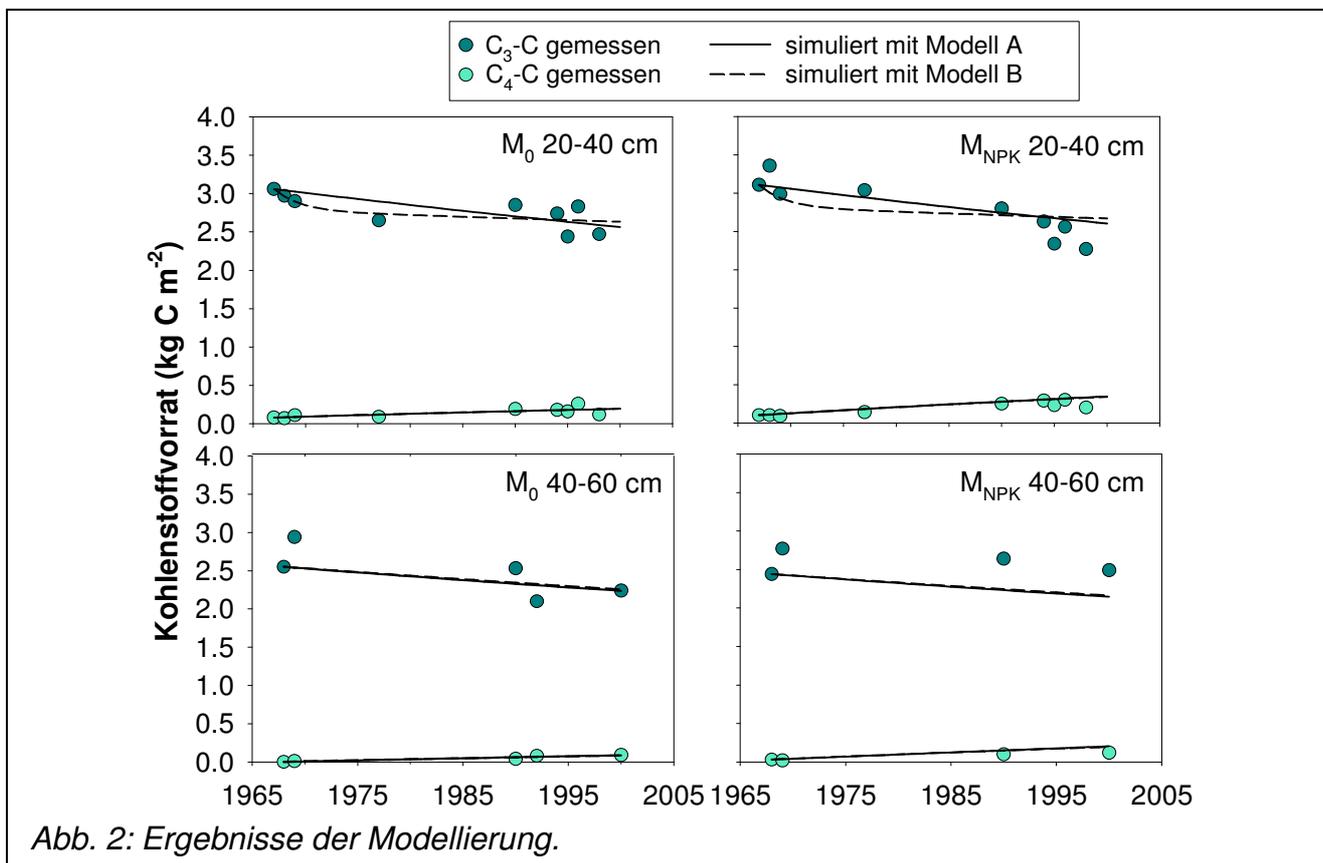


Abb. 2: Ergebnisse der Modellierung.