

**Tagungsbeitrag zu:**

Jahrestagung der DBG, Kom. IV

**Titel der Tagung:**

„Böden verstehen, Böden nutzen, Böden fit machen“

**Veranstalter:**

DBG, September 2011, Berlin

**Berichte der DBG** (nicht begutachtete online Publikation) <http://www.dbges.de>**Ansatz für die modellgestützte Bewertung des Boden-Kohlenstoffhaushalts von Pappel-Kurzumtriebsplantagen***Rainer Petzold<sup>1,2</sup>, Kai Schwärzel<sup>2</sup>, Karl-Heinz Feger<sup>2</sup>***Zusammenfassung**

Kurzumtriebsplantagen (KUP) haben aufgrund hoher Streuproduktion und langjähriger Bodenruhe das Potenzial, im Boden organischen Kohlenstoff ( $C_{org}$ ) anzureichern. Langjährige Untersuchungen, die eine Verallgemeinerung von Menge und zeitlicher Dimension zulassen, fehlen jedoch für Mitteleuropa.

In der vorliegenden Studie wird ein Ansatz vorgestellt, wie mithilfe prozessorientierter Modellierung generalisierende Aussagen erreicht werden können. Die Erkenntnisse bisheriger Studien auf einem Löss-Standort in Sachsen werden im vorgestellten Beispiel für die Parametrisierung eines Prozess-Modells verwendet.

Für die modellgestützte Bewertung des C-Haushalts ist zunächst die Berücksichtigung weiterer Felduntersuchungen notwendig.

<sup>1</sup>Staatsbetrieb Sachsenforst,  
Kompetenzzentrum f. Wald- und Forstwirtschaft  
Bonnewitzer Str. 34, 01796 Pirna OT Graupa  
Tel.: 035 01 542 463 Fax: 03501 542 213  
Email: Rainer.Petzold@smul.sachsen.de

<sup>2</sup>Institut für Bodenkunde und Standortslehre  
Technische Universität Dresden

**Schlüsselworte:** Kurzumtriebsplantage,  $C_{org}$ , Modellierung

**Einleitung**

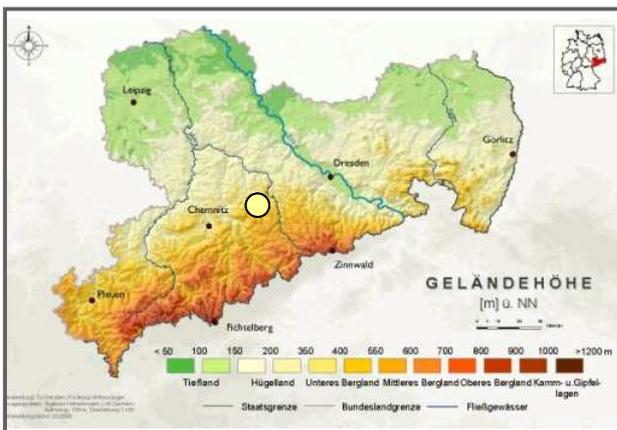
Der Anbau von schnellwachsenden Baumarten in KUP auf ehemals landwirtschaftlich genutzten Flächen kann zu einer Anhebung der  $C_{org}$ -Vorräte führen. Zu den notwendigen Voraussetzungen, die zeitliche Dimension und letztlich die Höhe der möglichen  $C_{org}$ -Anreicherung existieren jedoch unterschiedliche Erfahrungen (Don et al. 2011, Garten et al. 2010). Die wenigen Langzeituntersuchungen zur  $C_{org}$ -Dynamik im Zusammenhang mit KUP in Deutschland belegen tendenziell eine Anreicherung von  $C_{org}$ , wenn niedrige Ausgangsvorräte vorherrschen. Das trifft insbesondere auf sandige Substrate im Norden und Nordosten Deutschlands zu (Kahle et al. 2007, Hellebrand et al. 2010). Dagegen stellten andere Autoren fest, dass KUPs mit Pappeln auch nach etwa 10 Jahren nicht zu signifikanten Veränderungen des  $C_{org}$ -Vorrates im Boden führen (Jug et al. 1999, Petzold et al. 2010).

Mögliche Gründe für diese unterschiedlichen Befunde können Unterschiede in den Ausgangsvorräten von  $C_{org}$  (Art der Vornutzung), der betrachteten Bodentiefe, der Nutzungsdauer, des Wärme- und Wasserhaushalts am Standort, der Struktur und Textur des Substrates sowie der Art der Bewirtschaftung (Flächenvorbereitung, Pflanzmaterial und -dichte, Rotationszyklus etc.) sein.

Ziel der vorliegenden Studie war es, einen Ansatz für die modellgestützte Bewertung des Boden-Kohlenstoffhaushalts von Pappel-KUP in Deutschland herzuleiten. Dies geschieht am Beispiel einer Fallstudie im mittelsächsischen Löss-Hügelland (Methau).

## Material und Methoden

Auf einer Pappel-KUP im mittelsächsischen Löss-Hügelland (Methau: 210 m ü.NN, T = 8,8 °C, N = 695 mm/Jahr, [Pseudogley]-Parabraunerde, s. auch Abb. 1) wurden 2007 und 2008 umfangreiche Messungen zum Wasserhaushalt (Saftfluss, TDR, Bestandesniederschlag, Blattflächenindex, Bodenphysik) durchgeführt (Petzold et al. 2011). Im Jahr 2009 erfolgten auf der 10jährigen Pappelplantage Untersuchungen zur Biomasseproduktion und zu bodenökologischen Veränderungen im Vergleich zu einer benachbarten, ackerbaulich genutzten Fläche (Petzold et al. 2010).



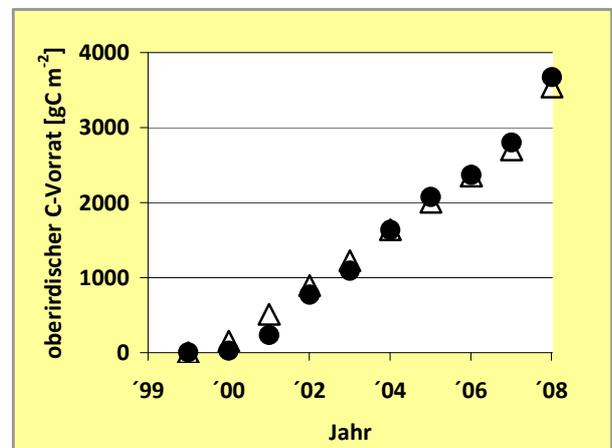
**Abbildung 1:** Lage des Untersuchungsstandorts Methau im mittelsächsischen Löss-Hügelland (○)

Diese Daten dienen als Grundlage für die Parametrisierung des Programmpaketes CoupModel (Jansson & Karlberg 2004). Die Simulationsumgebung erlaubt die gekoppelte Modellierung des Wärme-, Wasser- und C- bzw. N-Haushaltes eines Standortes (1D) im System Boden-Pflanze-Atmosphäre. Als Modelltreiber werden meteorologische Variablen in täglicher Auflösung benötigt. Als Modellergebnis können die Komponenten des Wasserhaushalts dargestellt werden (Petzold et al. 2009). Durch die Zuschaltung der Stoffhaushaltsoptionen im Modell werden

auch die C- und N-Pools in den verschiedenen Komponenten der ober- und unterirdischen Biomasse, sowie Streu, den verschiedenen Humus-Pools darstellbar. Die zugrunde liegenden Prozesse für Stoffflüsse, wie Photosynthese, Allokation und Pflanzenwachstum, Streufall, Mineralisierung, Respiration, Denitrifikation und Auswaschung gelöster, organischer Substanzen müssen dabei parametrisiert und nach Möglichkeit kalibriert werden. Erste Modellanpassungen wurden mithilfe von Monte-Carlo-Simulationen und der automatischen Kalibrierfunktion in CoupModel (GLUE) durchgeführt.

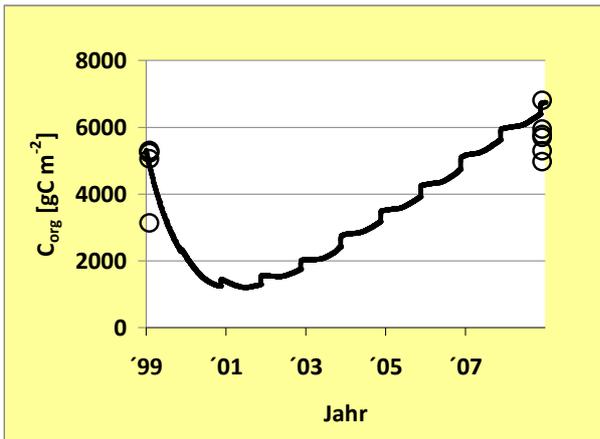
## Ergebnisse und Diskussion

Erste Simulationsergebnisse zeigen, dass die jährliche oberirdische Biomasseproduktion sehr gut wiedergegeben werden kann (Abb. 2).



**Abbildung 2:** Akkumulation des oberirdischen C-Vorrates (Biomasse) der Pappel-KUP am Standort Methau im Verlauf der Bestandesentwicklung (ohne Ernte); (•) = gemessen, (Δ) = modelliert

Auch eine zeitliche Dynamik des C<sub>org</sub>-Vorrates im Boden ist darstellbar (Abb. 2).

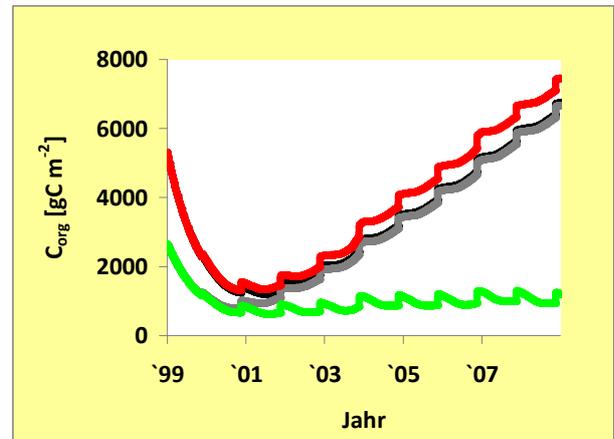


**Abbildung 2:** Verlauf des  $C_{org}$ -Vorrates im Boden einer Pappel-KUP Standort Methau im Verlauf der Bestandesentwicklung (ohne Ernte); (○) = gemessen, (—) = modelliert

Es ist jedoch fraglich, ob der modellierte, relativ starke Abfall des  $C_{org}$ -Vorrates in den ersten drei Jahren nach Flächenanlage realistisch ist. Im Modell wurde zudem keine Bodenbearbeitung (Vollumbruch) berücksichtigt. Vielmehr erscheint eine Parameteranpassung bzw. eine längere Vorlaufphase des Modells für die Ausbalancierung der Stoff-Umsatzprozesse notwendig. Deutlich wird jedoch auch, dass die Modellläufe ohne zusätzliche gemessene  $C_{org}$ -Vorräte in höherer zeitlicher Auflösung nicht validiert werden können.

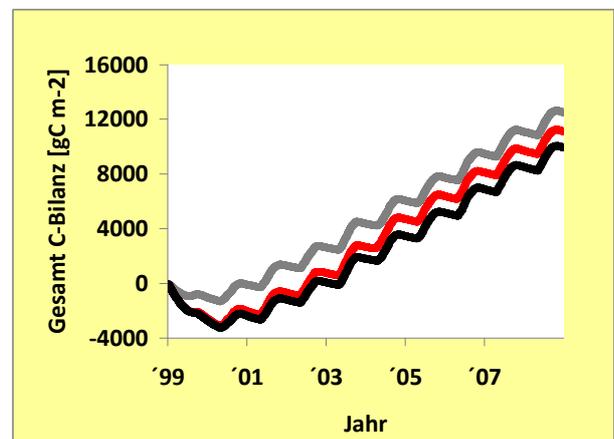
Für Abb. 3 wurden Modellläufe mit verschiedenen Ausgangsbedingungen ausgewertet. Das Modell ist mit den o.a. Einschränkungen in der Lage, Tendenzen der  $C_{org}$ -Dynamik abzubilden, die aus bisherigen Feldstudien bekannt sind. So ist bei einem geringeren initialen  $C_{org}$ -Vorrat eine höhere Anreicherung feststellbar. Unter trockenem Klima wird tendenziell nach 10 Jahren ein höherer  $C_{org}$ -Vorrat gegenüber dem Ausgangszustand erreicht. Dagegen decken sich die Modellergebnisse auf Sand nicht mit den bisherigen Beobachtungen (z.B. von Kahle et al. 2007, Hellebrand et al. 2010). Wahrscheinlich

müssen hier standortsspezifische Parameter für den Stoffumsatz, wie z.B. Streuabbauraten angenommen werden.



**Abbildung 3:** Modellierte  $C_{org}$ -Vorräte in Abhängigkeit von unterschiedlichen Ausgangszuständen, Boden- und Klimabedingungen; (—) Löss, initial  $C_{org}$ -Vorrat hoch, (—) Löss initial  $C_{org}$  niedrig, (—) Löss initial  $C_{org}$  hoch und trockeneres Klima, (—) Sand initial  $C_{org}$  niedrig

Abb. 4 zeigt schließlich die Gesamt-Kohlenstoffbilanz der modellierten Pappel-KUP.



**Abbildung 4:** Modellergebnis der Gesamt C-Bilanz unter verschiedenen Ausgangs- und Klimabedingungen; (—) Löss, initial  $C_{org}$ -Vorrat hoch, (—) Löss initial  $C_{org}$  niedrig, (—) Löss initial  $C_{org}$  hoch und trockeneres Klima

Es wird deutlich, dass das spätestens nach 4 - 6 Jahren nach Anlage einer Pappel-KUP mit einer positiven Gesamtbilanz gerechnet

werden kann. Dabei modifizieren die Ausgangsvorräte von  $C_{org}$  und die Klimabedingungen diese Entwicklung. Geringe Ausgangsvorräte an  $C_{org}$  sowie trockenes Klima begünstigen eine positive Kohlenstoff-Bilanz.

### Fazit

Eine Abbildung der Boden-Kohlenstoffdynamik mit dem prozessorientierten Programmpaket CoupModel ist prinzipiell möglich. Für eine Verallgemeinerung und Bewertung sind allerdings weitere Untersuchungen notwendig. Insbesondere müssen mehrere Fallbeispiele aus Feldstudien für die standortsspezifische Parametrisierung und Validierung verwendet werden. Langjährige Beobachtungen von C-Pools, insbesondere  $C_{org}$ , sind dafür besonders geeignet.

### Literatur

- Don, A, Hastings, A et al. (2011)** Land-use change to bioenergy production in Europe: implications for the greenhouse gas balance and soil carbon. GCB Bioenergy. DOI: 10.1111/j.1757-1707.2011.01116.x
- Garten, CT, Wullschlegel, SD, Classen, AT (2011)** Review and model-based analysis of factors influencing soil carbon sequestration under hybrid poplar. Biomass and Bioenergy 35: 2214-226
- Hellebrand, HJ, Strähle, M, Scholz, V, Kern, J. (2010)** Soil carbon, soil nitrate, and soil emissions of nitrous oxide during cultivation of energy crops. Nutr Cycl Agroecosyst 87:175–186
- Jansson, PE & Karlberg, L (2004)** Coupled heat and mass transfer model for soil-plant-atmosphere systems. Royal Institute of Technology, Dept. of Civil and Environmental Engineering, Stockholm 435 S. <http://www.lwr.kth.se/CoupModel/CoupModel.pdf>
- Jug, A, Makeschin, F, Rehfuss, KE, Hoffmann-Schielle, C (1999)** Short-rotation plantation of balsam poplars, aspen and willows on former arable land in the Federal Republic of Germany. III. Soil ecological effects. For Ecol Manage 121: 85-99
- Kahle, P, Hildebrand, E, Baum, C, Boelcke, B (2007)** Long-term effects of short rotation forestry with willow and poplar on soil properties. Arch Agron Soil Sci 53: 673-682
- Petzold, R, Schwärzel, K, Feger, KH (2009)** Wieviel Wasser verbraucht eine Kurzumtriebsplantage? In: Böden - eine endliche Ressource, September 2009, Bonn
- Petzold, R, Schubert, B, Feger, KH (2010)** Biomasseproduktion, Nährstoffallokation, und bodenökologische Veränderungen in einer Pappel-Kurzumtriebsplantage in Sachsen (Deutschland). Die Bodenkultur 61: 23-35
- Petzold, R, Schwärzel, K, Feger, KH (2011)** Transpiration of a hybrid poplar plantation in Saxony (Germany) in response to climate and soil conditions. Eur. J. Forest Res. 130: 695-706