

Tagungsbeitrag zu:
 Bodenbiologische Indikatoren für eine nachhaltige Bodennutzung
 Kommission III „Bodenbiologie und Bodenökologie“ der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Sitzung 28.-29. Februar 2008 in Osnabrück
 Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation), <http://www.dbges.de>

**Auswirkungen des
 Energiepflanzenanbaus und der Düngung
 mit Gärresten auf den Kohlenstoffgehalt
 im Boden
 – erste Modellierungsergebnisse**

S. Warnecke¹, M. Overesch²,
 H.-J. Brauckmann¹, G. Broll¹, H. Höper³

Schlüsselworte: Energiepflanzen, Gärreste, Kohlenstoff, Modellierung, CANDY, Bodendauerbeobachtung, Niedersachsen

EINFÜHRUNG UND ZIEL

Mit der Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) im Jahre 2004 und dem folgenden „Biogas-Boom“ erfährt die Landnutzung in Deutschland und insbesondere in Niedersachsen zurzeit wesentliche Änderungen: enge Energiepflanzenfruchtfolgen lösen die bisher üblichen Fruchtfolgen mit Markt- und Futterbaufrüchten ab (HÖHER 2007). Gleichzeitig verändert sich auch die Art der organischen Düngung von unvergorener Gülle hin zu Gärresten. Wahrscheinlich werden die beschriebenen Nutzungsänderungen über längere Zeiträume einen Effekt auf die Bodenqualität und insbesondere auf den Kohlenstoffvorrat haben. In Sandböden hängen wichtige Bodenqualitätsparameter

wie die Wasser- und Nährstoffspeicherung

¹ Hochschule Vechta, ISPA, Abteilung für Geo- und Agrarökologie, swarnecke@ispa.uni-vechta.de

² Universität Köln, Geographisches Institut, AG Bodengeographie / Bodenkunde, mark.overesch@uni-koeln.de

³ Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie

mit der organischen Substanz zusammen. Gleichzeitig sind sie durch häufig auftretende hohe Umsatzraten der organischen Substanz besonders anfällig für bewirtschaftungsbedingte Veränderungen im C-Vorrat. Ziel dieser Untersuchungen ist es daher, Einflüsse der durch Biogasanlagen induzierten Landnutzungsänderungen auf den umsetzbaren Kohlenstoffvorrat in sandigen Böden Niedersachsens aufzuzeigen. Hierfür wurde das Bodenprozessmodell CANDY ausgewählt, das den C- und N-Umsatz in landwirtschaftlich genutzten Böden auf der Basis von Daten zu Boden, Witterung und Bewirtschaftung beschreibt (FRANKO & OELSCHLÄGEL 1993).

MATERIAL UND METHODEN

Die Untersuchungen wurden an zwei ackerbaulich genutzten Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) in Niedersachsen durchgeführt. BDF032 ist ein Podsol mit der Bodenart fS im Ap-Horizont im Landkreis Cloppenburg (West-Niedersachsen), BDF036 eine podsolige Braunerde mit S12 im Ap-Horizont im Landkreis Uelzen (Ost-Niedersachsen). Mittels CANDY war in vorangehenden Untersuchungen die Bodenwasser-, Bodentemperatur- und C-Dynamik dieser und anderer BDF modelliert worden. Die verwendeten Boden- und Bewirtschaftungsdaten wurden vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen zur Verfügung gestellt. Eine Validierung des Modells mittels regelmäßig gemessener Bodenwasser- und C_{org}-Gehalte zeigte in den meisten Fällen eine gute Anpassung des Modells (OVERESCH 2007).

Im Modell CANDY erfolgt die Quantifizierung der standortabhängigen Mineralisierungsintensität als ‚wirksame Mineralisierungszeit‘ (WMZ, d a⁻¹). Diese wird auf Grundlage von Bodentemperatur und wassergefülltem Porenvolumen berechnet. Die WMZ stellt einen Zeitabschnitt dar, in dem theoretisch ein Umsatz unter optimalen Bedingungen

stattfindet. Für die Modellierung wird C_{org} vereinfachend in einen umsetzbaren und einen inerten Pool (C_{ums} , C_{inert}) unterteilt. C_{inert} wurde in CANDY mit dem ‚Particle-Surface-Modell‘ auf Grundlage der Stabilisierung in Mikroporen berechnet. Auf Grundlage der in CANDY modellierten WMZ beider BDF wurde der C_{ums} -Gleichgewichtsgehalt der in Tab. 1 angeführten Bewirtschaftungsvarianten simuliert. Hierzu wurde das vereinfachte Modell CANDY Carbon Balance herangezogen. C_{org} -Gehalte wurden als Summe des simulierten C_{ums} und C_{inert} berechnet. Für die Biogasfruchtarten wurden die CANDY-Parameter der konventionellen Fruchtarten herangezogen.

Tab. 1: Mit CANDY Carbon Balance modellierte Fruchtfolge- und Düngungskombinationen

Fruchtart ^a	Art des organischen Düngers	Menge [t ha ⁻¹ a ⁻¹]
Reale Bewirtschaftung		
Silomais 60 %, WRoggen ^b 40 %, WGerste ^b 20 %, Senf 50 % (Stoppelfrucht ^c)	Gülle	37,8
Energiepflanzenfruchtfolgen ^d		
Biogasmais 100 %	Gärrest komplett Gärrest Dünne Phase	19,9 20,2
Biogasmais 60 %, BWRoggen 40 %	Gülle Gärrest komplett Gärrest Dünne Phase	20,9 17,3 17,5
Biogasmais 60 %, BWRoggen 40 %, Senf 40 % (Stoppelfrucht ^c)	Gärrest komplett Gärrest Dünne Phase	17,3 17,5

Abkürzungen:

(B)WRoggen, WGerste = (Biogas-)Winterroggen, Wintergerste; ^a jeweils mit Anteil an der Fruchtfolge;

^b Stroh wird i. d. R. abgefahren; ^c als Gründüngung;

^d Hauptfrucht: oberirdische Biomasse wird abgefahren

Die Berechnungen beruhen auf den in Tab. 2 dargestellten Zusammensetzungen der verschiedenen organischen Dünger. Sie resultieren aus einer Fallstudie zu Stoff-

strömen in einer Biogasanlage mit mechanischer Separierung des Gärrests in eine Dünne Phase zur organischen Düngung und eine Feste Phase zur energetischen Verwertung (BRAUCKMANN et al. 2007). Die aufgeführten Aufwandmengen ergeben sich aus der Stickstoff-Düngungsempfehlung entsprechend dem regionalen Ertragsniveau der Fruchtfolgeglieder abzüglich eines geschätzten Frühjahrs-N_{min}-Gehaltes und der empfohlenen Mineraldüngergabe.

Tab. 2: Zusammensetzung der organischen Düngemittel (nach BRAUCKMANN et al. 2007)

	TS ^a [%]	N-Gehalt [kg t ⁻¹ FM ^b]	C-Gehalt [kg t ⁻¹ FM ^b]	C/N
Gülle (15 % Rind, 85 % Schwein)	6,6	5,82	26,2	4,5
Gärrest komplett	8,4	7,02	34,4	4,9
Gärrest Dünne Phase	5,5	6,92	21,3	3,1

^a Trockensubstanz, ^b Frischmasse

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Abb. 1 zeigt den Einfluss der Art der ausgebrachten organischen Dünger auf den C_{org} -Gehalt des Oberbodens beispielhaft für die Fruchtfolge ‚Biogasmais 60 %, Biogas-Winterroggen 40 %‘. Bei den beschriebenen Aufwandmengen ergeben sich bei beiden Standorten keine wesentlichen Unterschiede. Dies gilt auch bei Anwendung von ‚Gärrest Dünne Phase‘, der im Vergleich zur unvergorenen Gülle und zum ‚Gärrest komplett‘ an Kohlenstoff abgereichert ist (Tab. 2). Die unterschiedlichen Niveaus von C_{ums} bei den beiden BDF sowie die unterschiedlichen Differenzen zwischen den Bewirtschaftungsvarianten ergeben sich aus den standortbedingten Mineralisierungsintensitäten. Die simulierte WMZ für BDF032 liegt bei 34,8, für BDF036 bei 50,9 d a⁻¹.

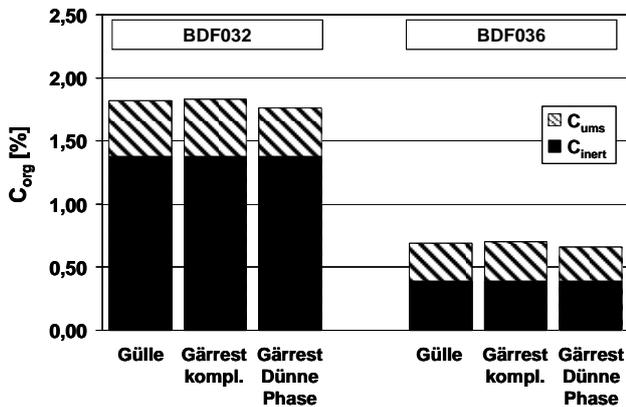


Abb. 1: Modellierung des Einflusses des organischen Düngemittels auf den C_{org}-Gehalt des Oberbodens am Beispiel der Fruchtfolge ‚Biogasmais 60 %, Biogas-Winterroggen 40 %‘

In Abb. 2 sind exemplarisch für BDF032 die Auswirkungen der komplexen Landnutzungsänderungen (Fruchtfolge und Art des organischen Düngemittels) von realer Bewirtschaftung auf Energiepflanzenanbau auf den modellierten C_{org}-Gehalt des Oberbodens dargestellt.

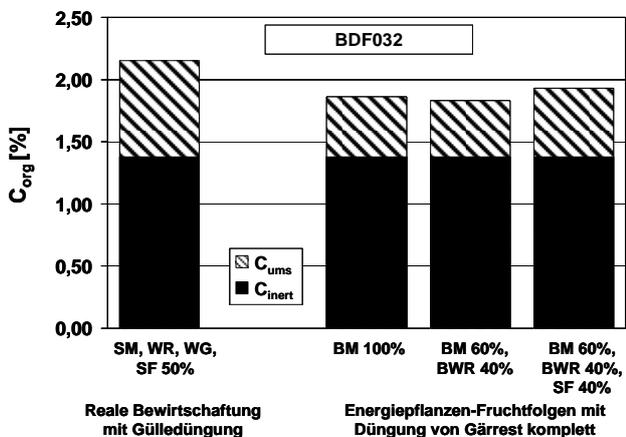


Abb. 2: Vergleich von realer Bewirtschaftung und Energiepflanzenfruchtfolgen: modellierte Auswirkungen auf den C_{org}-Gehalt des Oberbodens;
 SM = Silomais, WR = Winterroggen, WG = Wintergerste, SF = Stoppelfrucht Senf, BM = Biogasmais, BWR = Biogas-Winterroggen

Es zeigt sich, dass der C_{org}-Gehalt der Energiepflanzenfruchtfolgen ohne Gründüngung mit Stoppelfrüchten $\geq 0,3$ % unter dem der realen Bewirtschaftung liegt. Ein Teil dieses Verlustes an C_{org} ($\sim 0,1$ %) kann

laut Modell durch eine Gründüngung mit der Stoppelfrucht Senf nach Biogas-Winterroggen in der Fruchtfolge ‚Biogasmais 60 %, Biogas-Winterroggen 40 %, Senf 40 %‘ wieder ausgeglichen werden.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen und der Modellierung zeigen, dass eine Umstellung der üblichen Bewirtschaftung auf einen Energiepflanzenanbau zu einer deutlichen Abnahme der C_{org}-Gehalte des Bodens führen kann. Unterschiede zwischen ausgebrachter Gülle und Gärresten scheinen bei Aufwandmengen, die den Regeln der guten fachlichen Praxis entsprechen, auch langfristig kaum eine Auswirkung auf den C_{org}-Gehalt zu haben. Die Menge der zugeführten bzw. abgeführten pflanzlichen Biomasse hat dagegen einen großen Einfluss auf C_{org}. Deutlich wird die positive Wirkung der zusätzlichen Zufuhr an Biomasse, hier beispielsweise als Gründüngung mit Senf.

Detaillierte Prognosen möglicher Auswirkungen von Energiepflanzenfruchtfolgen auf die organische Substanz des Bodens sind im Hinblick auf den Erhalt der Bodenqualität wünschenswert. Hierbei gilt es, sowohl den Einfluss der Standortbedingungen als auch die Eigenschaften neuer Energiepflanzenarten oder neuer Züchtungen der konventionellen Arten zu berücksichtigen. Als Basis belastbarer Modellierungsergebnisse sind noch umfangreiche Datenerhebungen (z.B. Modellparameter der Energiepflanzen, Abbaukinetiken von Ernte- und Wurzelrückständen und Gärresten) notwendig.

LITERATUR

BRAUCKMANN, H.-J., BROLL, G., SCHOMAKER, B., STANIA, B., WARNECKE, S. (2007): Nährstoffstromanalyse einer Biogasanlage mit Gärrestaufbereitung im Landkreis Vechta. Mitteilungen Institut für Strukturforschung und Planung in agrarischen Intensivgebieten, Heft 65, 37 S.

FRANKO, U. & OELSCHLÄGEL, B. (1993): CANDY - Carbon Nitrogen Dynamics. In: Reiner, L., Geidel, H., & Mangstl, A. (Hrsg.): Agrarinformatik. Eugen Ulmer, Stuttgart, 99-110.

HÖHER, G. (2007): Entwicklung Energiepflanzenanbau und Biogas in Niedersachsen. Vortrag im Rahmen des Workshops „Basisdaten zum Flächendruck durch den Energiepflanzenanbau für die Biogasnutzung“, Berlin. http://www.ifeu.org/landwirtschaft/pdf/6_Hoehler_Maisanbau_Nieders.pdf

OVERESCH, M. (2007): Kohlenstoff- und Stickstoffumsatz in Sandböden Niedersachsens - Indikatoren umsetzbarer organischer Substanz, Bilanzierung und Bodenprozessmodellierung auf Bodendauerbeobachtungs- und Kompostversuchsflächen. Geo- und Agrarökologie, Band 1. Shaker Verlag, Herzogenrath.