

Tagungsbeitrag zu: Workshop der Kommissionen VI u. IV der DBG u. DGP  
Titel der Tagung: Anbau nachwachsender Rohstoffe: Wirkungen auf Bodeneigenschaften, Funktionen und Emissionen in Bezug auf Klima- und Gewässerschutz  
Veranstalter: Kommission VI/IV der DBG und DGP, 7.-8.9.2010 in Müncheberg  
Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation) <http://www.dbges.de>

## **Welche Bedeutung haben die C und N Vorräte des Bodens und der pflanzlichen Biomasse von Kurzumtriebsplantagen für die Dynamik der organischen Bodensubstanz nach dem Umbruch?**

Charlotte Tönshoff<sup>1</sup>, Christine Wachendorf<sup>1</sup>, Reinhold Stülpnagel<sup>2</sup>, Rainer Jörgensen<sup>1</sup>

### **Zusammenfassung**

90% der unterirdischen organischen Kohlenstoffvorräte langjährig bewirtschafteter Kurzumtriebsplantagen (KUP) sind im Boden gespeichert, weniger als 10% in den Wurzeln. Im Zuge der Rückwandlung von Pappel-KUPs in landwirtschaftliche Nutzung führte die Ernte mittels Harvester durch herabfallendes Kronenmaterial und anschließendes Einarbeiten in den Boden beim Umbruch der Flächen zu einer Erhöhung der unterirdischen pflanzlichen Biomassevorräte bei gleichzeitiger Erniedrigung des C/N Verhältnisses der Wurzel- und Erntereste.

**Keywords:** C-Vorräte, Kurzumtriebsplantagen, Rückwandlung,

### **1. Einleitung und Ziele**

Kurzumtriebsplantagen (KUP) führen durch den höheren C- und N-Eintrag über die Pflanzen- und Wurzelstreu sowie einer geringeren Mineralisierung infolge der verminderten Bodenbearbeitung zu einer

Universität Kassel, <sup>1</sup>FG Bodenbiologie u. Pflanzenernährung/<sup>2</sup>FG Grünlandwissenschaften und Nachwachsende Rohstoffe, Nordbahnhofstraße 1a, 37213 Witzenhausen  
E-Mail: ctoenshoff@uni-kassel.de

Akkumulation von organischem Kohlenstoff und Stickstoff im Mineralboden (Kahle et al. 2009; Jug et al. 1999). Werden KUPs wieder in landwirtschaftliche Nutzung rückgeführt, führt die intensive Bodenbearbeitung vermutlich zu einer verstärkten Mineralisierung der organischen Substanz. Im KURZUM Projekt wird der Frage nachgegangen, in welchen Pools der C unter langjährig bewirtschafteten KUPs gespeichert ist und wie sich die Ernte und der Umbruch auf die C-Verteilung auswirken. Der Umbruch erfolgte in Frästiefen von 5, 15 und 30 cm um langfristig zu untersuchen, in welchem Umfang die C- und N-Mengen im Boden durch eine weniger intensive Bodenbearbeitung erhalten werden können.

### **2. Material und Methoden**

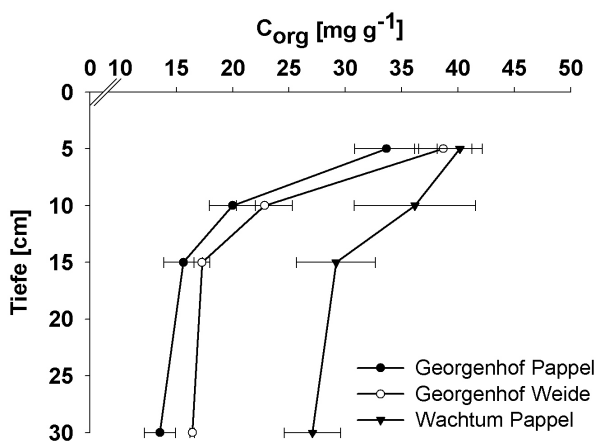
Die Untersuchungen erfolgen am Standort Georgenhof (Nordhessen) auf einer mit Pappeln und einer mit Weiden bestandenen KUP (Bodentyp pseudovergleyte Braunerde, Bodenart schluffiger Lehm) sowie auf einer Pappel-KUP in Wachstum (Niedersachsen) (Bodentyp tiefumbrochener Gley-Podsol, Bodenart schwach schluffiger Sand). Die KUPs wurden 1987 resp. 1989 auf ehemaligen Ackerflächen angelegt und 1998 letztmalig beerntet. Im Winter 2009/2010 erfolgte die Ertragserhebung der Pappelflächen nach der Regressionsmethode (n=4), auf der Weidenfläche mittels Stockerntemethode (n=3) (Röhle et al. 2009). Die Bestimmung der Wurzelmassen erfolgte durch Ausgraben des Wurzeltellers auf 1,4 x 1,4 m in einer Tiefe von 0,3 m und Trennung in Stubben, Grobwurzeln (> 5 mm) und Feinwurzeln (< 5 mm). Neben der Beprobung der Humusaufgabe mit dem dem Boden aufliegenden Totholz (1 m<sup>2</sup> Parzelle, n=4), erfolgte die Bodenbeprobung in 4 Wiederholungen in 0-5, 5-10, 10-15 und 15-30 cm Tiefe. Es wurden Lagerungsdichte, organischer Kohlenstoff (C<sub>org</sub>) und

Gesamtstickstoff ( $N_t$ ) des Bodens und der Wurzeln sowie die wasserstabilen Aggregate (John et al. 2005) und die freie partikuläre organische Substanz (POM) (Magid & Kjærgaard 2001) bestimmt. Nach der Ernte der KUPs im Frühjahr 2010 mittels Harvester (Pappeln) bzw. motormanuell (Weiden) wurden die Flächen gemulcht und anschließend mit einer Rodungsfräse flach (~5 cm), mittel (15 cm) und tief (30 cm) gefräst. Direkt nach dem Fräsen erfolgte mit einem Bohrstock (D=10 cm) eine erneute Bodenprobenahme in 0-5, 5-10, 10-15 und 15-30 cm Tiefe in 3 Wiederholungen je Fräsvariante und Tiefe. Wurzel- und Erntereste > 2 mm wurden aus den Proben gesiebt, getrocknet, gewogen und deren C- und N-Gehalte bestimmt.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

#### 3.1 unterirdische C-Vorräte und Biomasseerträge der KUPs

Die langjährige KUP-Bewirtschaftung führte an allen drei Standorten zur Herausbildung eines Tiefengradienten des  $C_{org}$ . Die  $C_{org}$ -Gehalte liegen in den oberen 5 cm zwischen 33 und 40  $mg\ g^{-1}$  und sind somit höher als in 15 und 30 cm Bodentiefe.



**Abb.1:** Tiefenverlauf des  $C_{org}$  unter langjährig bewirtschafteten Kurzumtriebsplantagen

Die Fraktionierung der wasserstabilen Aggregate zeigte, dass die Makroaggregate (250-2000  $\mu m$ ) mit 18-22  $g\ C\ kg^{-1}$

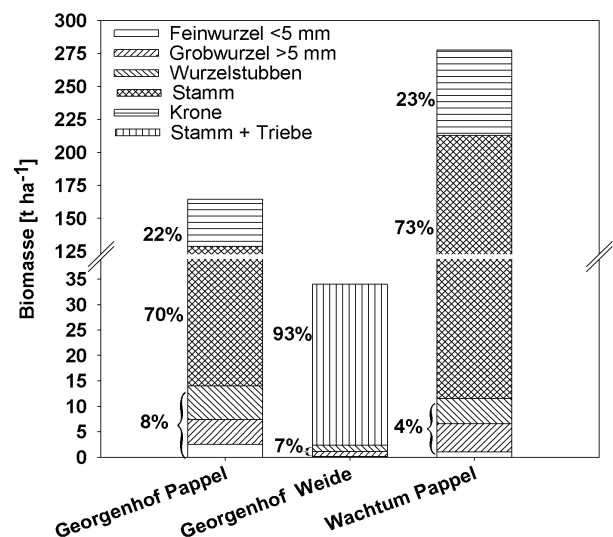
deutlich höhere C-Konzentrationen als die Mikroaggregate (53-250  $\mu m$ ) aufweisen (Tab.1). Auf der Pappelfläche am Georgenhof sind 80% des gesamten  $C_{org}$  des Bodens in den Makroaggregaten gespeichert, auf der Weidenfläche und der Pappelfläche in Wachstum 75% (Daten nicht dargestellt).

**Tab.1:** C-Gehalte der partikulären organischen Substanz (POM) und der wasserstabilen Aggregatfraktionen des Oberbodens (0-30 cm) (n=3; Standardabweichung in Klammern)

Standort	C [ $g\ kg^{-1}$ Gesamtboden]			
	POM	250-2000 $\mu m$	53-250 $\mu m$	< 53 $\mu m$
Georgenhof Pappel	0,9 (0,3)	18,3 (5,8)	2,2 (0,3)	0,9 (0,1)
Georgenhof Weide	0,5 (0,3)	19,2 (4,5)	2,5 (0,7)	0,8 (0,1)
Wachstum	0,3 (n.b.)	22,7 (10)	7,3 (6)	1,3 (1)

Makroaggregate sind in der Regel weniger stabil und das mit ihnen assoziierte organische Material unterliegt bei der intensiven Bodenbearbeitung beim Umbruch einer erhöhten potentiellen Mineralisierung.

Die Pappelfläche am Georgenhof weist mit 150  $t\ ha^{-1}$  an oberirdischer Biomasse gegenüber 266  $t\ ha^{-1}$  in Wachstum deutlich geringere Erträge auf (Abb.2).



**Abb.2:** Biomasse (atro) der Pappeln und Weiden sowie prozentuale Anteile verschiedener Pflanzenfraktionen an der Gesamtbiomasse

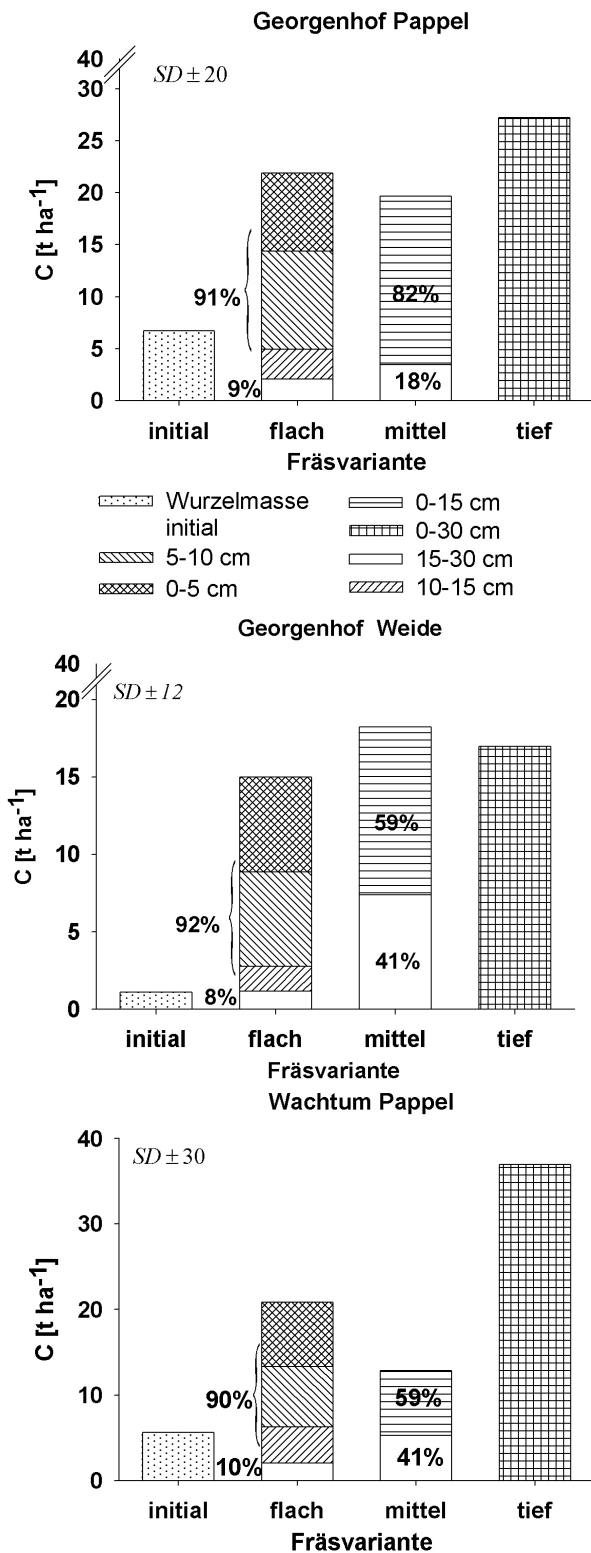
**Tab.2:** C-Vorräte von Auflage, Mineralboden (n=4) und Wurzelfractionen (\*C/N Verhältnisse der Gesamtwurzelmasse wurden anhand der prozentualen Anteile der einzelnen Wurzelfractionen an der Gesamtwurzelmasse gewichtet)

	Georgenhof Pappel		Georgenhof Weide		Wachstum Pappel	
	C-Vorrat [t ha <sup>-1</sup> ]	C/N	C-Vorrat [t ha <sup>-1</sup> ]	C/N	C-Vorrat [t ha <sup>-1</sup> ]	C/N
<b>Auflage</b>	1 (0,2)	23 (1)	1 (0,2)	25 (1)	1 (0,2)	22 (1)
<b>Totholz</b>	1 (0,2)	49 (7)	< 1	50 (6)	1 (0,3)	49 (6)
<b>Mineralboden (0-30 cm)</b>	69 (6)	11 (0,2)	58 (11)	12 (1)	92 (16)	16 (0,6)
<b>Stubben</b>	3	403	0,6	192	2	495
<b>Grobwurzeln</b>	2	93	0,3	86	3	108
<b>Feinwurzeln</b>	1	61	0,1	53	1	63
<b>Gesamtwurzelmasse</b>	6	233*	1	119*	6	177*
<b>Gesamtvorrat</b>	<b>77</b>		<b>60</b>		<b>100</b>	

Die Wurzelrockenmassen betragen für die Pappelflächen 15 und 11 t ha<sup>-1</sup> und haben einen Anteil von 8 und 4% an der Gesamtbiomasse wobei die Stubben und Grobwurzeln den größten Anteil an der unterirdischen Biomasse haben. Die Wurzelmasse der Weiden beträgt 3 t ha<sup>-1</sup>. Die C-Gehalte der verschiedenen Wurzelfractionen unterscheiden sich nicht und betragen 50% für die Pappeln und 47% für die Weiden. Da die N-Gehalte von den Fein- (0,8%) über die Grobwurzeln (0,5%) zu den Stubben (0,1%) hin abnehmen, betragen die C/N Verhältnisse für die Pappelstubben 400 bzw. knapp 500, für die Weidenstubben 192 und nehmen über die Grobwurzeln zu den Feinwurzeln hin ab (Tab.2). Unter Berücksichtigung der Lagerungsdichte und der C<sub>org</sub>-Gehalte erfolgte die Berechnung der C-Vorräte des Mineralbodens und der Auflage (Tab.2). Mit 71 t C ha<sup>-1</sup> am Georgenhof wurden deutlich geringere C-Vorräte als in Wachstum mit 94 t C ha<sup>-1</sup> für die Pappelflächen ermittelt. Die C-Vorräte der Pappelwurzeln betragen an beiden Standorten 6 t ha<sup>-1</sup>, für die Weiden 1 t ha<sup>-1</sup>. Dies entspricht einem Anteil der Wurzeln an den gesamten unterirdischen C-Vorräten von 6% in Wachstum, 10% für die Pappelfläche am Georgenhof und 2% für die Weiden.

### 3.2 Verteilung der unterirdischen C-Vorräte nach dem Umbruch

An allen drei Standorten ist nach dem Umbruch der KUPs eine Erhöhung der C-Vorräte der unterirdischen pflanzlichen Biomasse festzustellen, auch wenn diese aufgrund der sehr hohen Standardabweichungen nicht signifikant sind (Abb.3). Auf beiden Pappelflächen verblieb nach der Ernte mit dem Harvester viel Kronenmaterial, was anschließend gemulcht und beim Fräsen in den Boden eingearbeitet wurde. Die C/N Verhältnisse der Erntereste zeigen im Vergleich zu den gewichteten der initialen Wurzelmassen (Tab.2) eine deutliche Erniedrigung. Die C/N Verhältnisse der ehemaligen Pappelflächen sanken in Wachstum von 177 auf 66, am Georgenhof von 233 auf 76. Die Einarbeitung des Kronenmaterials führte zu einem Verdünnungseffekt der C/N Verhältnisse da Holz in der Regel ein C/N Verhältnis von 50 aufweist. Das nur geringfügig veränderte C/N Verhältnis vor und nach dem Fräsen auf der Weidenfläche, auf der aufgrund der motormanuellen Ernte nur wenig Kronenmaterial nach der Ernte verblieb, unterstützt dies. Die hohen Unterschiede in den C-Vorräten der Wurzel- und Erntereste nach dem Fräsen sind hier methodisch durch die unterschiedliche Erfassung der Wurzelrockenmasse bedingt.



**Abb.3:** Vergleich der initialen C-Vorräte der Wurzeln vor dem Umbruch mit den C-Vorräten der Pflanzenreste in den drei Fräsvarianten nach dem Umbruch in 0-30 cm Bodentiefe

#### 4. Schlussfolgerungen

Die ausbleibende Bodenbearbeitung führte zur Entwicklung eines Tiefengradienten des  $C_{org}$ -Gehaltes im Oberboden. Die deutlich höheren  $C_{org}$ -Gehalte in 0-5 cm gegenüber 15 und 30 cm weisen auf eine Akkumulierung der organischen Boden-

substanz unter KUPs hin. 75-80% des  $C_{org}$  sind in leicht mineralisierbaren Makroaggregaten gebunden die beim Umbruch der Flächen einer erhöhten potentiellen Mineralisierung unterliegen. Nur 4 bis 8% der gesamten Biomasse von Pappeln und Weiden sind Wurzeln. Der Eintrag pflanzlicher Biomasse beim Umbruch der KUPs wird jedoch durch den Einsatz von Harvestern stark erhöht, wenn herabfallendes Kronenmaterial nicht von den Flächen entfernt wird. Die Ernte der Pappeln führte hier somit zu einer Erhöhung der pflanzlichen Biomasse im Boden bei einer gleichzeitigen Abnahme der C/N Verhältnisse der Pflanzenrückstände > 2 mm.

Im weiteren Projektverlauf soll untersucht werden, wie sich die C- und N-Dynamik in den unterschiedlichen Fräsvarianten nach dem Umbruch entwickelt.

#### Literatur

JOHN, B.; YAMASHITA, T.; LUDWIG, B.; FLESSA, H. (2005): Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. In: Geoderma 128 (63-79)

JUG A.; MAKESCHIN, F.; REHFUSS, K.E.; HOFMANN-SCHIELLE, C. (1999): Short-rotation plantations of balsam poplars, aspen and willows on former arable land in the Federal Republic of Germany. III. Soil ecological effects. In: Forest Ecology and Management 121 (85-99)

KAHLE, P.; BOLECKE, B.; RÜTH, B. (2009): Auswirkungen der Energieholzproduktion auf den Boden, dargestellt an einem Langzeitversuch in Mecklenburg- Vorpommern. In: Berichte der DBG, Jahrestagung 2009, Bonn

MAGID, J.; KJÆRGAARD, C. (2001): Recovering decomposing plant residues from the particulate soil organic matter fraction: size versus density separation. In: Biology and Fertility of Soils 33 (252-257)

RÖHLE, H.; HARTMANN, K.-U.; STEINKE, C.; MURACH, D. (2009): Leistungsvermögen und Leistungserfassung von Kurzumtriebsbeständen. In: REEG, T. et al. (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Weinheim, S. 41-55