

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der  
DBG, Kom. VI  
Titel der Tagung: Böden – eine endliche  
Ressource  
Veranstalter: DBG, September 2009,  
Bonn  
Berichte der DBG (nicht begutachtete  
online-Publikation)  
<http://www.dbges.de>

## **Auswirkungen der Energieholzproduktion auf den Boden, dargestellt an einem Langzeitversuch in Mecklenburg-Vorpommern**

Petra Kahle<sup>1</sup>, Barbara Boelcke, Björn Rüth

### **Zusammenfassung**

In der vorliegenden Untersuchung wurden (I) die Veränderung der Gehalte des Oberbodens an organischem Kohlenstoff ( $C_{org}$ ), Gesamtstickstoff ( $N_t$ ) sowie der Vorräte an pflanzenverfügbarem Phosphor und Kalium, (II) die tiefenabhängige Differenzierung der Gehalte an  $C_{org}$  und  $N_t$  und (III) die Beeinflussung des Bodenwasserhaushaltes nach mehrjährigem Anbau von Pappeln und Weiden an einem Versuchsstandort in Nordostdeutschland geprüft.

Die Oberböden mit geringen Ausgangsgehalten lassen nach 12jähriger Bewirtschaftung der Kurzumtriebsplantage erhöhte  $C_{org}$ - und  $N_t$ -Gehalte und verringerte Nährstoffvorräte erkennen, ohne dass es bislang zu negativen Beeinflussungen des Ertragsniveaus der Bäume kam. Hinsichtlich der vertikalen Verteilung der Bodeneigenschaften zeichnen sich erhöhte  $C_{org}$ - und  $N_t$ -Gehalte im Oberboden der Kurzumtriebsplantage gegenüber benachbarten Ackerböden ab.

Für einen mehrjährigen Untersuchungszeitraum durchgeführte Simulationsrechnungen lassen verringerte Sickerwasserraten und davon ausgehend langfristige Auswirkungen auf den Boden- und Landschaftwasserhaushalt erwarten, die bei der Auswahl geeigneter Standorte für Kurzumtriebsplantagen zu beachten sind.

**Keywords:** Pappeln, Weiden, Bodeneigenschaften

### **1. Einleitung und Zielstellung**

Ausgehend vom wachsenden Bedarf an erneuerbaren Rohstoffen für die stoffliche und energetische Verwertung hat das Interesse an der Produktion holziger Biomasse aus Kurzumtriebsplantagen (KUP) deutlich zugenommen (BMU 2007). Im Kurzumtrieb angebaute schnell wachsende Baumarten bieten den Vorteil, hohe Biomassepotenziale mit geringen Aufwendungen für Düngung und Pflanzenschutz sowie Bodenbearbeitung zu verbinden (Scholz & Ellerbrock, 2002). Angesichts der zu erwartenden großflächigeren Produktion stellt sich die Frage nach den langfristigen ökologischen Auswirkungen dieser Landnutzungsform. Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, die Beeinflussung der C- und N-Gehalte sowie der Vorräte an den pflanzenverfügbaren Nährstoffen Phosphor (P) und Kalium (K) des Oberbodens über die Zeit zu prüfen, die tiefenabhängige Differenzierung der C- und N-Gehalte im Boden zu verfolgen und die Auswirkungen auf den Wasserhaushalt des Bodens abzuschätzen.

### **2. Versuchsstandort und Untersuchungsprogramm**

Am Standort Gülzow, gelegen im Bereich der flachwelligen jungpleistozänen Grundmoränenlandschaft Mecklenburg-Vorpommerns, wurden im Frühjahr 1993 auf bis zu diesem Termin ackerbaulich genutzten Flächen 28 Weiden- und Pappelklone gepflanzt. Die Bewirtschaftung der Kurzumtriebsplantage erfolgt im 3- und 6jährigen Umtrieb. Bislang kamen weder Düngung noch Pflanzenschutzmittel zum Einsatz.

Die Bodenuntersuchung zu Versuchsbeginn lieferte schwach saure, schwach humose, schwach lehmige Oberböden mittlerer Trockenrohdichte (Bodenkundliche Kartieranleitung, 2005). Bodentypologisch dominieren Braunerden als verbreitete terrestrische Bodentypen des nordostdeutschen Tieflandes.

Zur Untersuchung der C- und N-Verhältnisse sowie der Vorräte an P und K wurden die Oberböden (0-30 cm) ausgewählter Prüfglieder mittels Bohrstock mit 15 Einstichen je Parzelle beprobt. Die Probenahmen fan-

<sup>1</sup> Institut für Landnutzung, Universität Rostock, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18051 Rostock  
E-mail: [petra.kahle@uni-rostock.de](mailto:petra.kahle@uni-rostock.de)

den zu Beginn der Vegetationsperioden 1993 (Versuchsbeginn), 1999 (6-jährige Wurzelstöcke der Bäume) und 2005 (12-jährige Wurzelstöcke der Bäume) statt. Zur Prüfung der tiefendifferenzierten Ausprägung der Bodeneigenschaften wurden 2008 zudem 6 Bodenprofile in der KUP sowie in der benachbarten konventionell genutzten Ackerfläche untersucht, verteilt auf 2 Transekte.

Die Gesamtgehalte an C ( $C_t$ ) und N ( $N_t$ ) wurden mittels trockener Verbrennung (VARIO EL) bestimmt. Der Gehalt an organischem C ( $C_{org}$ ) wurde nach Subtraktion des separat bestimmten anorganischen C ( $C_{anorg}$ ) (Lösung mit HCl und volumetrische  $CO_2$ -Bestimmung) abgeleitet. Die Gehalte an pflanzenverfügbarem P und K wurden nach der Doppellaktatmethode (Egner-Riehm) erfasst.

Die flächenbezogenen Akkumulationen an  $C_{org}$ ,  $N_t$ , P und K wurden unter Berücksichtigung der realen Lagerungsverhältnisse am Untersuchungsstandort nach folgender Formel kalkuliert:

$$\text{Stoffakkumulation (t/ha)} = \text{Stoffgehalt (g/100g)} \times \rho_d \text{ (g/cm}^3\text{)} \times \text{Tiefe (cm)}.$$

Zur Kalkulation der Sickerwassermengen dienten Modellexperimente zur Quantifizierung des Wasserverbrauchs von Weiden in verschiedenen Bodensubstraten und das Simulationsprogramm SIMPEL (Hörmann, 1998), das mit realen Eingangsdaten zu Meteorologie, Boden und Pflanze gespeist wurde. Als wichtiger pflanzlicher Parameter wurde der Blattflächenindex (Leaf Area Index = LAI) ausgewählter Klone bestimmt Pappel: Muhle Larsen (*P. trichocarpa*), 10/85 (49) (*P. maximowiczii* x *P. trichocarpa*), Max 3 (*P. maximowiczii* x *P. nigra*); Weiden: Weide /Nr. 6 (*Salix caprea* x *S. viminalis*), Königshanfweide (*Salix viminalis* var. *regalis*), Ulbrichweide /Nr. 8 (*Salix viminalis* x *S. pupurea*)

### 3. Ergebnisse

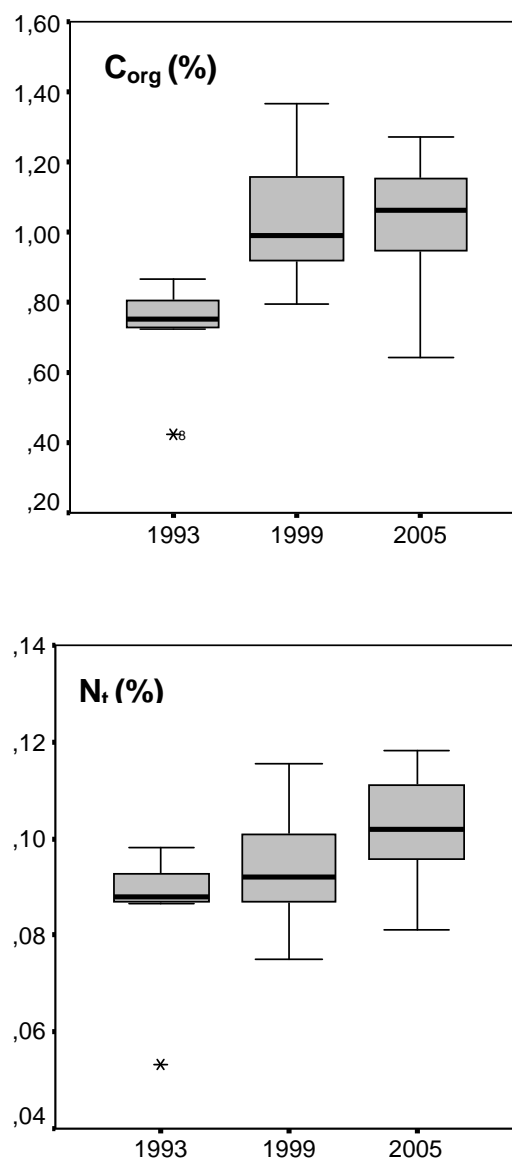
#### 3.1 Stoffgehalte und -vorräte

Ausgehend von geringen Gehalten zu Versuchsbeginn ergaben sich nach 6 Nutzungsjahren der Bäume signifikant erhöhte  $C_{org}$ - und  $N_t$ -Gehalte im Oberboden. Diese Ent-

wicklung setzte sich in der zweiten 6-jährigen Periode allerdings nur bedingt fort (Abb. 1).

Aufgrund der stärkeren Zunahme von  $C_{org}$  gegenüber  $N_t$  erweiterte sich das C/N-Verhältnis in diesem Zeitraum von 8,5 auf 10,1. Die abgeleiteten flächenbezogenen  $C_{org}$ - und  $N_t$ -Zunahmen des Oberbodens (0-20 cm), der auf den Bereich erhöhter Feinwurzeldichte bezogen wurde, belaufen sich im Zeitraum von 1993 bis 2005 auf 6,3 t/ha und 176 kg/ha.

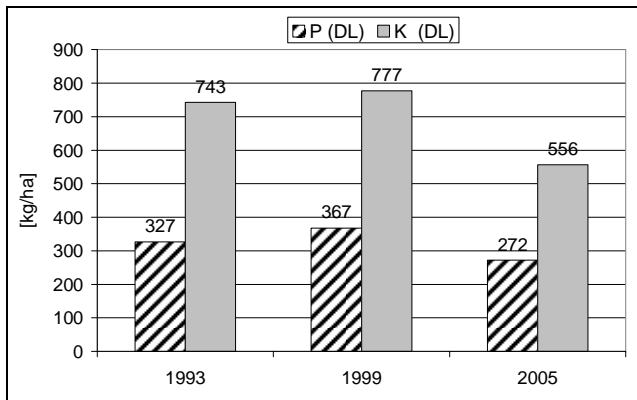
Die eingetretenen Akkumulationen an  $C_{org}$  und  $N_t$  lassen sich auf den durch Blattstreu und Feinwurzeln ausgelösten Stofffluss und



**Abb. 1:** Veränderung der Gehalte an  $C_{org}$  und  $N_t$  in der KUP Gülzow (in %)

die ausbleibende Störung des Bodens durch Bearbeitungsmaßnahmen zurückführen.

Unter Berücksichtigung des jährlichen Biomasseanfalls, der kalkulierten C-Gehalte sowie der Abbaubarkeit der ober- und unterirdischen Biomasse sind im 12-jährigen Prüfzeitraum C-Akkumulationen von 3,3 t/ha aus der Blattstreu und 6,2 t/ha aus der Feinwurzelmasse zu erwarten (Kahle et al., 2007). Diese Größenangabe bestätigt vorliegende Ergebnisse aus Versuchen mit kürzerer Standdauer der Bäume und anderer Untersuchungsstandorte (z.B. Garten, 2002).



**Abb. 2:** Veränderung der Nährstoffvorräte des Oberbodens (0 - 30 cm) am Standort Gülzow (1999-2005)

Im Hinblick auf die Nährstoffe wurden nach 12-jähriger Nutzungsdauer der Bäume verringerte Vorräte an pflanzenverfügbarem P und K in den Oberböden (0-30 cm) festgestellt (Abb. 2). Die Abnahmen belaufen sich auf 55 kg P/ha und 187 kg K/ha. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass im Einzelfall erhöhte Nährstoffgehalte mit verringerten Nährstoffvorräten einhergehen können. Ursache hierfür sind die durch die Akkumulation von organischer Substanz reduzierten und in die Kalkulation eingehenden Trockenrohdichten des Bodens.

Pflanzenbauliche Untersuchungen zur P- und K-Abfuhr mit dem Erntegut, abgeleitet aus der Kombination von Ertrag und Nährstoffgehalt im Erntegut, ergaben Spannweiten von 6-29 kg P/ha bzw. 16-88 kg K/ha pro Jahr (Boelcke & Kahle, 2008). Ungeachtet dessen blieb das Ertragsniveau der Pappeln und Weiden bislang unbeeinflusst.

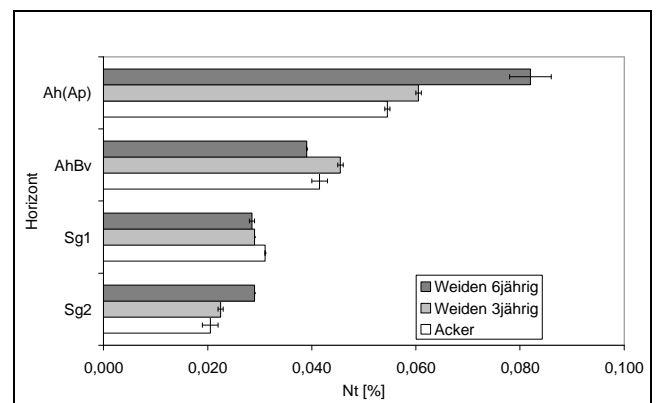
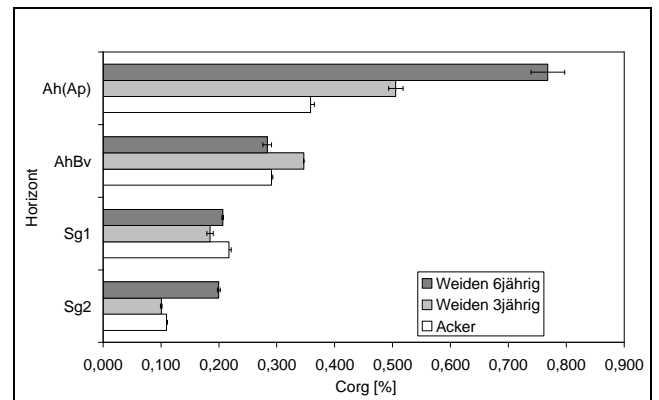
Eine Ursache dafür könnte die ausreichend bis sehr gute Nährstoffausstattung der Bö-

den sein, die als Folge der früheren Acker-nutzung zu interpretieren ist und offenbar gute Voraussetzungen für den Anbau von Pappeln und Weiden Kurzumtrieb bietet.

Als weitere Einflussfaktoren sind die aus dem Abbau der Blatt- und Wurzelstreu resultierende Rückführung von Nährstoffen in den pflanzenverfügbaren Pool und die Translokationen von Nährstoffen innerhalb des Bodenprofils zu berücksichtigen.

### 3.2 Differenzierung der Bodeneigenschaften mit der Bodentiefe

Ausgehend von vergleichsweise geringen Ausgangsgehalten der Oberböden an  $C_{org}$  und  $N_t$  wurden nach 12-jähriger Nutzung Bäume Erhöhungen festgestellt. Im Transekt 2 waren diese gegenüber dem Ackerboden signifikant, im Transekt 1 nicht. Die vergleichsweise höchsten  $C_{org}$ - und  $N_t$ -Gehalte kommen im Oberboden von Transekt 2 vor und lassen sich in folgender Reihung anordnen: 6jähriger Umtrieb, gefolgt vom 3jährigen Umtrieb und Ackerland (Abb. 3).



**Abb. 3:** Vertikale Verteilung von  $C_{org}$  und  $N_t$  unter 15jährigen Weiden und Ackerland am Standort Gülzow (Transekt 2)

In allen Bodenprofilen nehmen die  $C_{\text{org}}$ - und  $N_t$ -Gehalte mit der Bodentiefe ab.

### 3.3 Wasserhaushalt

Modellexperimente zur Quantifizierung des Wasserverbrauchs von Weiden (*Salix dasyclados*) wiesen die bestimmende Rolle des Substrats als Faktor für die Anwuchs- und Verdunstungsleistung der Vegetationsdecke nach. Der Blattflächenindex (LAI) variierte saisonal sowie sorten- und klonspezifisch. Am Standort Gülzow wurde ein LAI-Minimum von 3,7 (*Salix viminalis* var. *regalis*) und ein LAI-Maximum von 6,1 (Pappelsorte Muhle Larsen) festgestellt.

Bei Jahresniederschlägen von 555 – 1017 mm/a ergaben sich reale Verdunstungen von 421 - 704 mm/a bei Pappeln und 396 - 593 mm/a bei Weiden. Ausgehend von einer erheblichen Dynamik der Bodenwasserhaushaltsgrößen lagen die Sickerwasserraten im niederschlagsarmen Jahr bei 78 mm (Pappel) bzw. 117 mm (Weide), entsprechend 14 % bzw. 21 % der jährlichen Niederschlagsmenge. Bezogen auf den gesamten Simulationszeitraum variierten die Sickerwasserraten zwischen 14 % und 60 % des Niederschlages.

### 4. Schlussfolgerungen

Ausgehend von der hohen Variabilität der C- und N-Gehalte natürlicher Böden und der Beeinflussbarkeit durch verschiedene Faktoren kann gefolgert werden, dass sich bodenökologische Effekte von Kurzumtriebsplantagen nur auf der Basis langjähriger Versuchsanlagen feststellen lassen.

Die kombinierte Untersuchung von Ober- und Unterböden einer Kurzumtriebsplantage belegt das Vermögen der Böden zu verstärkter C-Akkumulation und zu effektiver Nährstoffausnutzung mit der Konsequenz, dass die Nährstoffvorräte der ehemals ackerbaulich genutzten Böden langsam abgeschöpft und die Baumbestände kontinuierlich mit pflanzenverfügbaren Nährstoffen versorgt werden. Kurzumtriebsplantagen bieten die Möglichkeit, über ein vermindertes Nährstoffauswaschungspotenzial zum Gewässerschutz und über die C-Sequestrierung zum Klimaschutz beizutragen.

Die hohe Transpirationsleistung der Bäume und der verminderte Sickerwasseranfall sind weitere Charakteristika dieser Landnutzungsform und sollten als Kriterien bei der Standortauswahl für Kurzumtriebsplantagen berücksichtigt werden.

Im Zuge fortführender Untersuchungen sollten Fragen der Abbaubarkeit der akkumulierten organischen Substanzen und der Freisetzung klimarelevanter Gase geklärt werden. Daraus ergeben sich am Ende der 20 bis 30jährigen Plantagenwirtschaft Konsequenzen für acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen bei der Wiedereingliederung dieser Flächen in die konventionelle Acker-nutzung.

### Literatur

- AD-HOC AG Boden, 2005: Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. Aufl., Hannover. Schweitzerbartsche Verlagsbuchhandlung.
- BOELCKE, B. & KAHLE, P., 2008: Energieholzproduktion mit Weiden und Pappeln-Ertragsbildung und Grundnährstoffbedarf. *Z. Pflanzenbauwissenschaften* 12 (2), 78-85.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2007): Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung. Stand November 2007. Internet-Update.
- GARTEN, CT., 2002: Soil carbon storage beneath recently established tree plantations in Tennessee and South Carolina, USA. *Biomass and Bioenergy* 23: 93-102.
- HÖRMANN, G., 1998: SIMPEL – Speichermodele zum Bodenwasserhaushalt. Version von 1998, Kiel. Internetveröffentlichung 01.07.2004: <http://www.pz-oekosys.uni-kiel.de>
- KAHLE, P., HILDEBRAND, E., BAUM, C., BOELCKE, B., 2007: Long term effects of short rotation forestry with poplar and willows on soil properties. *Archives of Agronomy and Soil Sci.* 53, 6, 673-682.
- SCHOLZ, V., ELLERBROCK, R., 2002: The growth productivity, the environmental impact of the cultivation of energy crops on sandy soil in Germany. *Biomass & Bioenergy*, 23(2), 81-92.