

**Tagungsbeitrag zu:** Jahrestagung der DBG

**Titel der Tagung:** Böden verstehen, Böden nutzen, Böden fit machen

**Veranstalter:** DBG

**Termin und Ort:** 03.-09.09.2011, Berlin und Potsdam

Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation)

<http://www.dbges.de>

## Effekte der Agrarholzproduktion auf den Kohlenstoff- und Nährstoffhaushalt des Bodens im Bereich der Lausitzer Bergbaufolgelandschaft

C. Böhm<sup>1\*</sup>, A. Quinkenstein<sup>1</sup>, D. Freese<sup>1</sup>

### Kurzfassung

Auf einem Rekultivierungsstandort des Lausitzer Braunkohlereviere wurde vor 4 Jahren die Baumart Robinie (*Robinia pseudoacacia*) angepflanzt und im Kurzumtriebsverfahren bewirtschaftet. Es wurde untersucht, ob sich die Robinie positiv auf die Humusakkumulation im Boden auswirkt und welchen Einfluß die latente Nährstoffarmut (insbesondere im Hinblick auf Phosphor) des Substrates auf das Wachstum dieser Baumart ausübt. Die Ergebnisse zeigen, dass es unter Robinie innerhalb kurzer Zeit nach Flächenanlage zu einer Humus- bzw. Kohlenstoffakkumulation im Kippsubstrat kommt, worin ein Beitrag zur Erhöhung der Fruchtbarkeit des Standortes gesehen wird. Die durchschnittliche Zuwachsleistung der Robinie ist allerdings durch die geringe P-Verfügbarkeit im Substrat deutlich eingeschränkt, wie durch eine versuchsweise P-Düngung gezeigt werden konnte. Allerdings war die P-induzierte

Wuchssteigerung von nur kurzer Dauer, da bereits eine Vegetationsperiode später der Düngeeffekt nicht mehr nachweisbar war

### Schlüsselwörter

Agrarholz, Agroforst, Kohlenstoff, Phosphor, Rekultivierung

### Einleitung

Die Rekultivierungsflächen des Lausitzer Braunkohlereviere zeichnen sich größtenteils durch sehr gering humose und nährstoffarme Substrate aus. Im Zuge der Rekultivierung dieser Standorte werden vor allem Landnutzungssysteme bzw. Fruchtfolgen etabliert, die kurzfristig zu einer nachhaltigen Humusanreicherung und folglich zu einer Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit beitragen. In diesem Zusammenhang stellt der Anbau von Agrarholz eine vielversprechende Landnutzungsalternative dar (Böhm et al., 2011). Da auf diesen Standorten aufgrund der unvorteilhaften Wuchsbedingungen (u.a. ausgeprägte Trockenheitsphasen, geringe Nährstoffverfügbarkeit) nur mit Robinie (*Robinia pseudoacacia*) nennenswerte Erträge zu erzielen sind (Grünwald et al., 2007), wurde im Rahmen dieser Studie untersucht, welchen Effekt speziell der Anbau dieser N<sub>2</sub>-fixierenden Baumart auf den Humus- und Nährstoffgehalt des Kippsubstrates hat und wie sich die ungünstige Nährstoffversorgung auf das Wachstum der Robinie auswirkt. Hierbei wurde als Maß für den Humusgehalt des Substrates der hierin gebundene Gehalt an Gesamtkohlenstoff herangezogen. Im Kontext der Nährstoffversorgung stand das Element Phosphor (P) im Vordergrund.

### Material und Methoden

Der Versuchsstandort befindet sich in Südbrandenburg, im Rekultivierungsbereich des Braunkohletagebaus Welzow-Süd, ca. 25 km südlich von Cottbus. Es handelt sich um eine strukturarme, weitflächige Landschaft ohne Grundwasseranschluß. Das verkippte Substrat ist vornehmlich durch ziemlich arme bis mittlere Lehmsande (insbesondere Su<sub>2</sub>, Sl<sub>2</sub> und St<sub>2</sub>) sowie gekennzeichnet, die sich durch eine geringe Wasserhaltekapazität sowie niedrigen Humus- und Nährstoffgehalten auszeichnen.

<sup>1</sup>Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046 Cottbus

\*E-Post: [boehmc@tu-cottbus.de](mailto:boehmc@tu-cottbus.de)

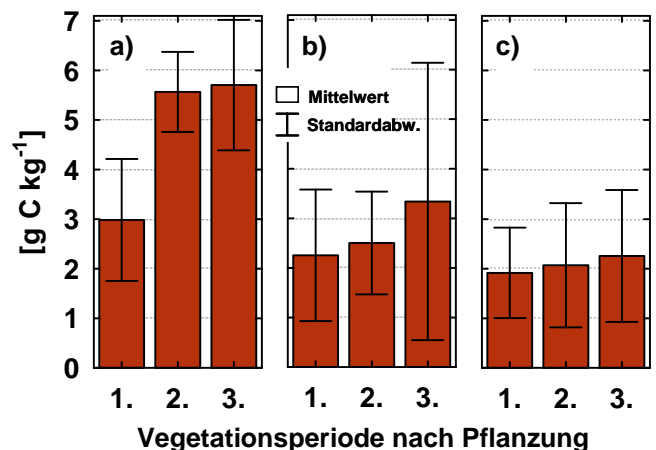
Internet: <http://www.tu-cottbus.de/multiland>

Die Untersuchungen wurden in einem zur Energieholzgewinnung (Kurzumtriebverfahren) angelegten Alley-Cropping-System (ACS) durchgeführt. Hierbei handelt es sich um ein Agroforstsystem, bei dem sich landwirtschaftliche Kulturen und Bäume (in Form von regelmäßig angeordneten, heckenartigen Gehölzstreifen) auf ein und demselben Ackerschlag befinden und zeitgleich bewirtschaftet werden (Quinkenstein et al., 2008). Das im Frühjahr 2007 angelegte ACS umfasst eine Gesamtfläche von ca. 8 ha und besteht aus 24 m breiten Ackerstreifen sowie 12 m breiten und in Nord-Süd-Richtung verlaufenden Gehölzstreifen aus Robinie (Pflanzdichte: 9200 Bäume ha<sup>-1</sup> Gehölzfläche, 4 Doppelreihen je Gehölzstreifen, vorgesehene Umtriebszeit: 5 Jahre). Im Zuge der 2007 vor der Pflanzung erfolgten Melioration wurden u.a. im Mittel 75 kg ha<sup>-1</sup> Phosphor ausgebracht und bis in ca. 50 cm Tiefe eingearbeitet. Im Herbst 2008 erfolgte erneut eine Gabe von 60 kg ha<sup>-1</sup> Phosphor (Tripelsuperphosphat). Die Entnahme der Bodenproben erfolgte mittels eines Bohrstockes (Ø 4 cm, Mischprobe aus mindestens 6 Einstichen) ausschließlich in den Gehölzstreifen, im Bereich eigens angelegter Dauerbeobachtungsflächen (12 m x 15 m), getrennt nach den Tiefenstufen 0-3 cm, 3-10 cm und 10-30 cm. In den gleichen Monitoring-Plots wurden an repräsentativen Bäumen Blattproben der Robinie gewonnen. Für die Bodenuntersuchungen wurde bei 40 °C getrockneter und auf < 2 mm gesiebter Boden verwendet. Die Blätter wurden im Vorfeld der Untersuchungen bei 60 °C getrocknet und gemahlen. Die Bestimmung des pH-Wertes erfolgte elektrometrisch in 0,01 M CaCl<sub>2</sub>-Lösung (Boden-Lösungs-Verhältnis = 1:2,5). Sowohl die Bestimmung des im Boden gebundenen Gesamtkohlenstoffgehaltes (TC) als auch jene des Stickstoffgehaltes in den Blättern erfolgte mittels eines CNS-Analysators. Der organische Gesamtkohlenstoff (TOC) wurde durch Subtraktion des anorganischen Anteils vom TC ermittelt. Die Ermittlung des Karbonatgehaltes erfolgte nach Scheibler (DIN, 2007). Der Gehalt an potentiell pflanzenverfügbarem Phosphor im Boden wurde mit der bei Hoffmann (1991)

beschriebenen Doppellactatmethode bestimmt. Die Bestimmung des in den Blättern der Robinie gebundenen Phosphors erfolgte mittels Druckaufschluß nach Schramel et al. (1993). Die Messung des Phosphors erfolgte in den jeweiligen Extrakten mittels eines ICP-OES.

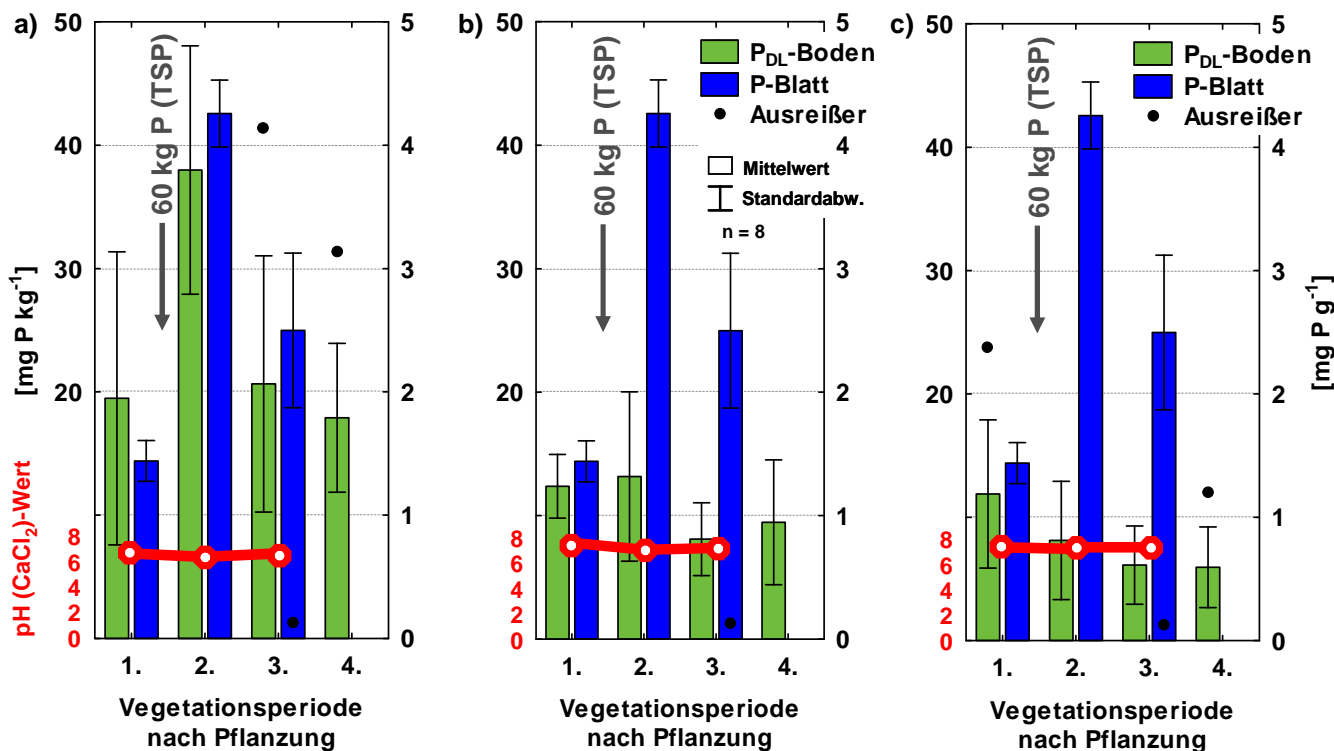
## Ergebnisse

Im Bereich des untersuchten ACS kam es innerhalb der ersten drei Vegetationsperioden nach Flächenanlage in allen untersuchten Bodentiefen zu einer Kohlenstoffanreicherung im Substrat (Abb. 1). Diese war in 0-3 cm Tiefe am stärksten ausgeprägt. Hier stieg der TOC-Gehalt während der ersten beiden Untersuchungsjahre von 3 g kg<sup>-1</sup> auf über 5,5 mg kg<sup>-1</sup> an. Während die TOC-Akkumulation in den oberen Zentimetern des Bodens vor allem auf den Abbau der anfallenden Blattstreu zurückzuführen ist, kann die TOC-Erhöhung in 3-10 cm und insbesondere jene in 10-30 cm Tiefe aufgrund des in den jungen Kippflächen weitgehenden Fehlens grabender oder wühlender Bodenorganismen insbesondere mit dem Abbau von Feinwurzeln bzw. der Freisetzung von Wurzelexsudaten begründet werden.



**Abb. 1:** Entwicklung des Gehaltes an organischem Kohlenstoff (TOC) im Boden des Alley-Cropping-Systems unter Robinie in **a)** 0-10 cm, **b)** 3-10 cm und **c)** 10-30 cm Bodentiefe (n = 3)

Der pflanzenverfügbare P-Gehalt ( $P_{DL}$ ) wurde insbesondere in 0-3 cm Tiefe deutlich durch die erfolgte P-Düngung beeinflusst. So bewirkte diese im ersten Jahr nach der Düngung hier einen Anstieg um fast 100 % (Abb. 2a). Im zweiten Jahr nach Ausbringung des Phosphors waren die  $P_{DL}$ -

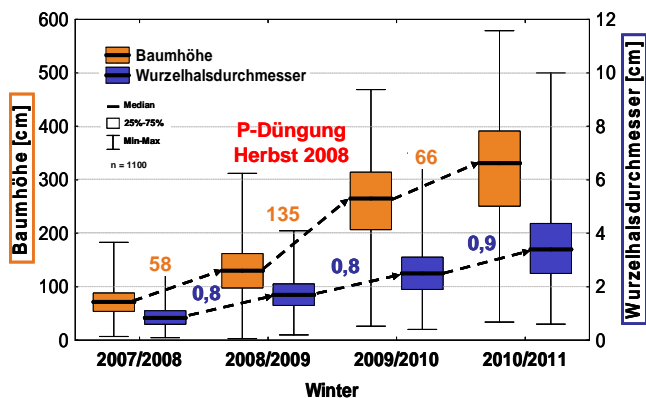


**Abb. 2:** Entwicklung des Gehaltes an pflanzenverfügbarem Phosphor und des pH(CaCl<sub>2</sub>)-Wertes im Boden (linke Ordinate) in **a)** 0-3 cm, **b)** 3-10 cm und **c)** 10-30 cm Tiefe sowie des Phosphorgehaltes in den Blättern der Robinie (rechte Ordinate) im Bereich der Gehölzstreifen des Alley-Cropping-Systems

Gehalte wieder stark abgesunken, so dass die düngungsbedingte Erhöhung des P<sub>DL</sub>-Gehaltes kaum noch erkennbar war. In 3-10 cm und insbesondere in 10-30 cm Tiefe konnte anhand der Messdaten nur ein sehr geringer bzw. kein Düngungseffekt abgeleitet werden (Abb. 2b, c). In dieser Bodentiefe kam es – trotz im Mittel konstant gebliebenem pH-Wert – zu einer Abnahme des pflanzenverfügbaren P-Gehaltes. Der anfänglich vergleichsweise hohe P<sub>DL</sub>-Gehalt war eine Folge der P-Düngung zur Melioration. Als Ursachen für die Abnahme des P<sub>DL</sub> mit der Zeit sind zwei Gründe anzunehmen, die jedoch in weiteren Untersuchungen noch genauer abzuklären sind. Einerseits wird vermutet, dass der als wasserlösliche Form eingebrachte Phosphor sukzessive im Substrat festgelegt wurde (insbesondere an Eisen- und Aluminiumoxiden) und folglich nicht mehr als pflanzenverfügbar anzusehen ist. Andererseits ist nicht auszuschließen, dass die Robinie zu einer deutlichen „Abschöpfung“ der verfügbaren P-Ressourcen beitrug und es somit zu einer Umverteilung des P vom Substrat zur Blattstreu kam. Das in der Streuauflage gebundene und nach und nach durch Mineralisation freigesetzte P kann in den

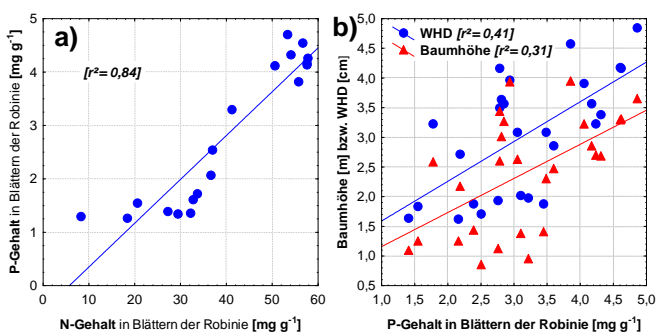
ersten Jahren der Rekultivierung aufgrund einer fehlenden natürlichen Durchmischung jedoch kaum in tiefere Substratbereiche verlagert werden.

Das die Robinie sehr stark auf die P-Verfügbarkeit im Boden reagiert, zeigt der ebenfalls in Abbildung 2 dargestellte P-Gehalt der Blätter, dessen Variabilität mit der P<sub>DL</sub>-Gehaltsänderung in 0-3 cm Tiefe konform geht. So konnte die Robinie aufgrund ihrer intensiven Durchwurzelung des Oberbodens den P-Dünger effektiv nutzen, was sich insbesondere in einem erheblich verstärkten Höhenwachstum und folglich in einer höheren Biomasseproduktionsleistung widerspiegelte (Abb. 3). Da



**Abb. 3:** Zuwachsdaten der Robinie im Alley-Cropping-System (Zahlenangaben entsprechen Zuwachs)

die Zuwachsleistung bei Leguminosen wie der Robinie nicht zuletzt von der  $N_2$ -Fixierungsrate ab, welche – wie Abbildung 4a verdeutlicht – maßgeblich von der P-Verfügbarkeit bestimmt wird. Zur Untermauerung dieser Wechselwirkungen wurde in Abbildung 4b die P-Verfügbarkeit im Kippsubstrat einer dem ACS angrenzenden Kurzumtriebsplantage der Wuchsleistung (ausgedrückt in Baumhöhe und Wurzelhalsdurchmesser) gegenübergestellt. Die sich hierbei ergebenden signifikanten ( $P < 0,05$ ) Korrelationen bestätigen die starke Abhängigkeit der Zuwachsleistung der Robinie vom pflanzenverfügbarem P-Gehalt des Bodens.



**Abb. 4:** **a)** Beziehung zwischen Phosphor- und Stickstoffgehalt in den Blättern der Robinie im Alley-Cropping-System (Daten aus 2., 3. und 4. Vegetationsperiode zusammengefasst); **b)** Beziehung zwischen Baumhöhe bzw. Wurzelhalsdurchmesser (WHD) von Robinie und Phosphorgehalt der Blätter bei einer dreijährigen Kurzumtriebsplantage in direkter Nachbarschaft des Alley-Cropping-Systems

### Schlussfolgerungen

Der Anbau von Robinie im Kurzumtriebverfahren trägt bereits während der ersten Jahre zu einer Verbesserung der Substratqualität von degradierten Bergbaufolgestandorten bei und kann daher prinzipiell als geeignete Rekultivierungsmaßnahme gewertet werden. Allerdings scheint Robinie ihr Wuchspotential auf den Rekultivierungsstandorten, nicht zuletzt aufgrund der ungenügenden P-Versorgung, nicht ausnutzen zu können. Düngungsmaßnahmen scheinen jedoch nur kurzfristig die P-Verfügbarkeit zu verbessern, wobei die genauen Zusammenhänge noch nicht umfassend geklärt sind. Es ist daher vorgesehen, die hiermit verbundenen Prozesse zum Gegenstand künftiger Untersuchungen zu machen.

### Literatur

Böhm, C., Quinkenstein, A., Freese, D., Hüttl, R. F. (2011): Assessing the short rotation woody biomass production on marginal post-mining areas. *Journal of Forest Science* 57, 303-311.

DIN (2007): Bodenbeschaffenheit: Bestimmung des Carbonatgehaltes-Volumetrisches Verfahren (DIN-ISO 10693), Deutsches Institut für Normung e.V.

Grünewald, H., Brandt, B.K.V., Schneider, B.U., Bens, O., Kendzia, G., Hüttl, R. F. (2007): Agroforestry systems for the production of woody biomass for energy transformation purposes. *Ecological Engineering* 29, 319-328.

Hoffmann, G. (1991): Die Untersuchung von Böden. *Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (Methodenhandbuch) 1*, VDLUFA, Darmstadt.

Quinkenstein, A., Böhm, C., Freese, D., Wöllecke, J., Grünewald, H., Schneider, B. U., Hüttl, R. F. (2008): Alley-Cropping – Ein klima-adaptierbares Landnutzungssystem zur nachhaltigen Biomasseproduktion. *Forum der Forschung* 21, 131-138.

Schramel, P., Xu, L., Knapp, G., Michaelis, M. (1993): Multi-elemental analysis in biological samples by on-line preconcentration on 8-hydroxyquinoline-cellulose microcolumn coupled to simultaneous ICP-AES. *Fresenius J. Anal. Chem.* 345, 600-606.