

**Tagungsbeitrag zu:** Jahrestagung der DBG, Kommission IV  
**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>

### **Charakterisierung der Wurzelwachstumsgenerierung in der initialen Phase der Bodenentwicklung**

Katja Boldt<sup>1\*</sup>, Bernd Uwe Schneider<sup>2</sup>, Simone Fritsch<sup>1</sup>, Reinhard F. Hüttl<sup>1,2</sup>

#### **Einleitung**

Die Komplexität von Bodensystemen und deren Genese wird durch vielfältige Interaktionen zwischen physikalischen, chemischen und biologischen Komponenten bestimmt, die mit den spezifischen standörtlichen Umweltbedingungen in Wechselwirkung stehen (Buscot 2005). Bergbaufolgelandschaften bieten hierbei eine einmalige Chance, in von äußeren Umweltbedingungen initial weitgehend unbeeinflussten Substraten die Dynamik der Bodenentwicklung vom Punkt Null an zu beobachten und nachvollziehbar zu machen. Trotz der durch Transport und Verkippung beförderten Homogenisierung dieser Substrate, kann es im bergbaulichen Prozess zur Beimengung organischen Materials aus gewachsenen Böden des Vorfeldes, von Fragmenten geogenen Kohlenstoffs aus Braunkohle, sowie

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

<sup>2</sup>Helmholz Zentrum Potsdam, Deutsches Geo Forschungszentrum, Telegrafenberg, 14473 Potsdam

\*E-mail: [boldt@tu-cottbus.de](mailto:boldt@tu-cottbus.de)

von ton- und schluffhaltigen Roll-Aggregaten kommen, die räumlich heterogen verteilt sein können. Verschiedene Studien (Lamb 2004, Baumann et al. 2005, Baumann et al. 2006) belegen, dass diese Substratkomponenten in den vorherrschend sandigen Substraten eine wichtige Rolle für die Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit spielen. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es daher, die Wirkung der heterogenen Verteilung solcher Roll-Aggregate im Boden auf die räumliche Verteilung von Wurzeln der krautigen Bodenvegetation zu untersuchen.

#### **Schlüsselwörter**

Wurzelwachstumsgenerierung, tonige Roll-Aggregate, Rekultivierung, initiale Ökosystementwicklung

#### **Material und Methoden**

Die Untersuchung wurde auf einer aufgeschütteten Fläche im Bereich des Braunkohletagebaus Welzow-Süd (Brandenburg, Deutschland) durchgeführt. Das Kippsubstrat besteht aus einem quartären, kalkhaltigen Sand (96% Sand, 2% Schluff, 2% Ton). Bei einem Carbonatgehalt zwischen 0,17% und 0,75% konnte ein durchschnittlicher pH-Wert von 8,5 ermittelt werden.

Die Wurzeluntersuchungen wurden an Hornklee (*Lotus corniculatus* L.) und Land-Reitgras (*Calamagrostis epigeios* L. Roth) durchgeführt. Beide Arten zählen zu den abundanten Pionierpflanzenarten der Lausitzer Bergbaufolgelandschaften in der frühen Phase der Ökosystementwicklung.

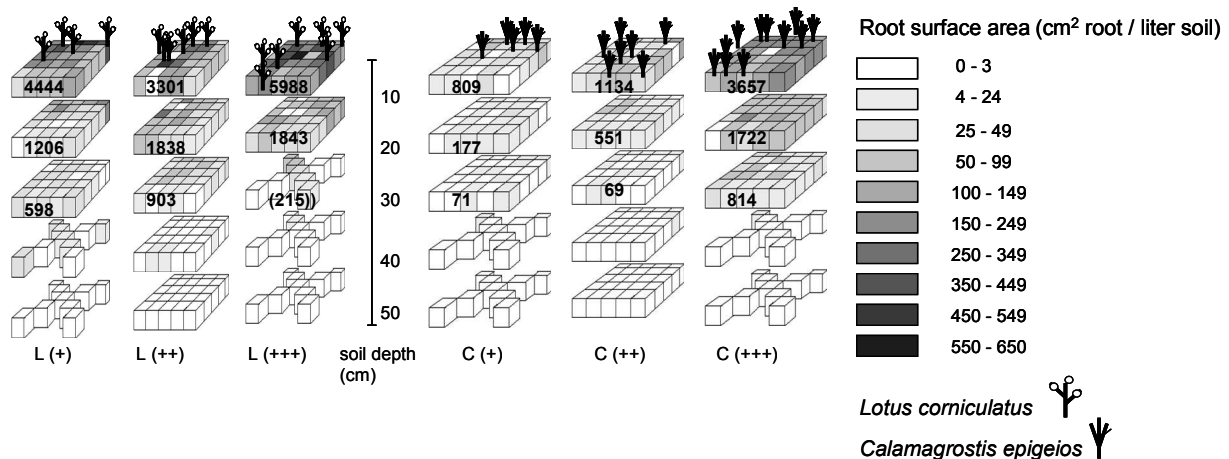
Die räumliche Verteilung von Wurzeln beider Pflanzenarten sowie die der tonig-lehmigen Bodenaggregate wurden im Rahmen von hoch auflösenden 3D-Beprobungen an Bodenmonolithen durchgeführt. Hierzu wurde im Frühsommer 2009 für beide Pflanzenarten drei Bodenmonolithen

(50 x 50 x 50 cm) mit jeweils unterschiedlichem Bedeckungsgrad beprobt. Hierzu wurden schichtweise (0 - 10 cm, 10 - 20 cm, 20 - 30 cm, 30 - 40 cm, 40 - 50 cm) 25 Quader mit jeweils 1000 cm<sup>3</sup> Bodenvolumen entnommen. Die entsprechenden Proben wurden im Feld in Plastiktüten verpackt und bis zur Aufbewahrung im Kühlschrank (4°C) vorübergehend in Thermoboxen gelagert. Die Roll-Aggregate wurden vor der Siebung (Ø ≤ 2mm) des Bodens herausgelesen und getrennt vom restlichen Boden untersucht. Die Erfassung des Aggregatvolumens erfolgte über Tauchwägung. Der verbleibende Boden und die darin enthaltenen Wurzeln wurden durch Siebung separiert. Nach dem Waschen wurde die Wurzelproben eingescannt (Epson Perfection V700 Scanner bei 400 dpi Auflösung) und die Wurzeloberfläche und -länge digitalisiert (Programm WinRHIZO; Regent Instruments, Inc. Quebec, Kanada, Version 2009a). Die Bestimmung des Gesamtkohlenstoff- und Gesamtstickstoffgehaltes in Wurzelproben erfolgte mit dem CNS-Analysator (elementar Vario EL, Hanau, Germany).

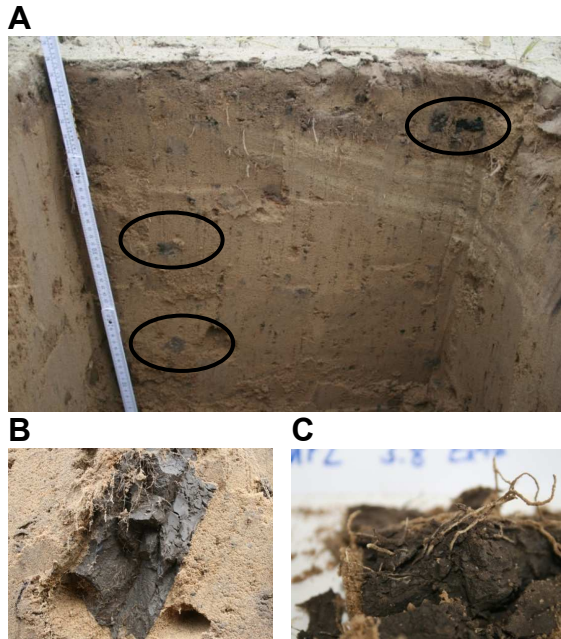
## Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zur räumlichen Verteilung der Wurzeln in

Bodenmonolithen zeigen, dass die Durchwurzelungsintensität sowohl für den Hornklee als auch für das Land-Reitgras in den oberen 10 - 30 cm des Bodens am höchsten ist. Dabei konnte für den Hornklee eine deutlich höhere Gesamtwurzeloberfläche als für den das Land-Reitgras ermittelt werden. Während für Land-Reitgras ein funktionaler Zusammenhang zwischen oberirdischer Vegetationsdichte und Wurzeloberfläche (Abb. 1) zu erkennen ist, weist der Hornklee auch bei einer sehr geringen Pflanzendichte eine nahezu gleich bleibende Wurzeloberfläche auf. Das Land-Reitgras scheint somit im Gegensatz zum Hornklee stärker auf intraspezifische Konkurrenz der Wurzelsysteme zu reagieren und bei abnehmender Konkurrenz durch erhöhtes Wurzelwachstum einzelner Individuen den freien Wurzelraum zu nutzen. Die Wurzeln insbesondere von *L. corniculatus* waren dabei sehr heterogen verteilt. Ursache dafür könnten die vom sandigen Substrat stark abweichenden, großen (66,9±35,6 cm<sup>3</sup>) tonig-schluffigen Fragmente sein, deren Größe und Anzahl in den von *L. corniculatus* bedeckten Monolithen deutlich über (Daten nicht gezeigt) der in den mit *C. epigeios* bedeckten Bodenmonolithen lag.



**Abb.1:** Räumliche Verteilung von Wurzeln (Wurzeloberfläche; cm<sup>2</sup> L<sup>-1</sup>) aus der 3D-Beprobung von Bodenmonolithen für *Lotus corniculatus* (L.) und *Calamagrostis epigeios* (C.) für 3 verschiedene Vegetationsdichten [hoch (+++); mittel (++)]; gering (+)].



**Abb. 2:** **A** Profilsansicht (0 - 50 cm Bodentiefe) nach der Monolithenbeprobung. Stark sandiger Boden mit zufällig verteilten Roll-Aggregaten **B, C** Stark durchwurzelte tonige Fragmente.

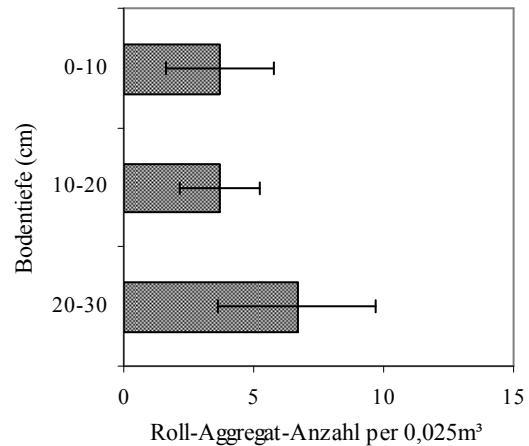
In den drei von *L. corniculatus* bedeckten Bodenmonolithen konnten je Tiefenstufe im Durchschnitt drei bis 6 tonige Aggregate gefunden werden (Abb. 3). Charakterisiert sind diese durch einen hohen Ton - (15 Vol.-%) und Schluffgehalt (Vol.-30 %) und eine sehr hohe Lagerungsdichte von 1,8 - 2,2 g cm<sup>-3</sup>. Trotz ihrer vergleichsweise hohen Lagerungsdichte wurden diese Aggregate von beiden Pflanzenarten besonders stark durchwurzelt wurden (Abb. 2 B, C). Die im Vergleich zum sandigen Substrat stark erhöhte Wurzelichte in den Roll-Aggregaten deutet somit auf ein präferenzielles und gerichtetes Wurzelwachstum zu den Aggregaten hin (Abb. 4).

Um die Bedeutung der Aggregate für das Wurzelwachstum der Pflanzen besser bewerten zu können, wurden für Bodensubstrat und Aggregate unter anderem die Gesamtkohlenstoff und Gesamtstickstoffgehalte ermittelt (Tab. 1).

In den schluffig-tonigen Aggregaten konnte ein im Vergleich zu der sandigen Matrix des umgebenden Kippsubstrats erhöhter Gesamtkohlenstoff- und Gesamtstickstoffgehalt nachgewiesen

werden. Es wird daher vermutet, dass die Aggregate als Hotspots eine wesentliche Rolle für die Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit der Pflanze spielen

und damit einen wesentlichen Beitrag

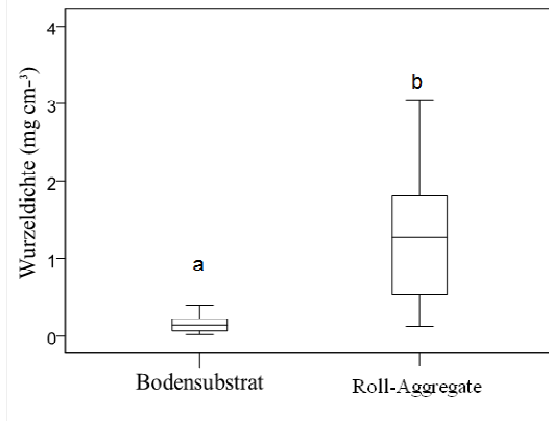


**Abb. 3:** Aggregatanzahl in untersuchten Bodenschichten. Mittelwerte und Standardabweichung aus drei Bodenmonolithen

zur Erklärung der räumlich heterogenen Wurzelverteilung leisten. Verschiedene Studien (Robinson 1996, Farley and Fitter 1999, Lamb 2004) belegen, dass Bereiche konzentrierter Nährstoffanreicherungen im Substrat das Pflanzenwachstum positiv beeinflussen können. Eine verbesserte Nährstoffverfügbarkeit in den Aggregaten könnte daher einen wesentlichen Beitrag zur Nährstoffversorgung der Pflanze leisten. Diese Annahme wird durch die erhöhten Nährstoffgehalte in den Wurzeln von *Lotus corniculatus* bestätigt (Daten nicht gezeigt).

**Tab. 1:** Kohlenstoffgesamtgehalte ( $C_{total}$ ) und Stickstoffgesamtgehalte ( $N_{total}$ ) des Bodensubstrates und der darin enthaltenen Roll-Aggregate. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen Bodenmatrix und Roll-Aggregaten ( $p < 0,05$ ).

	$C_{total}$ (%)	$N_{total}$ (%)
Boden-substrat	0,35 ± 0,10 <sup>b</sup>	0,006 ± 0,002 <sup>b</sup>
Roll-Aggregate	0,76 ± 0,59 <sup>a</sup>	0,015 ± 0,010 <sup>a</sup>



**Abb. 4:** Wurzeldichte im sandigen Bodensubstrat und in den Roll-Aggregaten. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ).

### Schlussfolgerung

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die im Zuge von Transport und Schüttung des Kippsubstrats erfolgende Beimengung tonig-schluffiger Roll-Aggregate einen großen Einfluss auf das gerichtete Wachstum von Wurzel hat und damit die heterogene Wurzelverteilung im Boden wesentlich mit beeinflusst.

Die im Gegensatz zur umgebenden sandigen Bodenmatrix hohe Wurzeldichte und die erhöhten N-Gehalte in den Roll-Aggregaten liefern einen wichtigen Hinweis für die Bedeutung dieser Strukturen für Wasser – und Nährstoffverfügbarkeit der Pflanze. Bodenaggregate und die anderen eingangs genannten Beimengungen können somit in der initialen Phase der Sukzession einen wesentlichen Beitrag zur Erklärung der pflanzlichen Verteilungsmuster und der daraus hervorgehenden weiteren Vegetationsentwicklung leisten.

### Literatur

Baumann, K., Schneider, B.U., Marschner, P. und Hüttl, R.F. (2005): Root distribution and nutrients status of mycorrhizal and non-mycorrhizal *Pinus sylvestris* L. seedlings growing in a

sandy substrate with lignite fragments. *Plant and Soil* 276, 347-357

Baumann, K., Rumpelt, A., Schneider, B.U., Marschner, P. and Hüttl, R.F. (2006): Seedling biomass and element content of *Pinus sylvestris* and *Pinus nigra* grown in sandy substrates with lignite. *Geoderma* 136, 573-578

Buscot F. (2005): What are soils? In: Buscot F, Varma S, eds. *Microorganism in soils: roles in genesis and functions*. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag, 3-18

Farley, R.A. und Fitter, A.H. (1999): The response of seven co-occurring woodland herbaceous perennials to localized nutrient rich patches. *J. Ecol.*, 87, 849-859

Lamb, E.G., Haag, J.J., Cahill, J.F. (2004): Patch background contrast and patch density have limited effects on root proliferation and plant performance in *Abutilon theophrasti*. *Funct. Ecol.* 18, 836-843

Robinson, D. (1996): Resource capture by localized root proliferation: What do plants bother? *Annals of Botany*, 77, 179-185