

Tagungsbeitrag zu: Vorträge Symposium II, IV, VI  
Titel der Tagung: „Böden – Lebensgrundlage und Verantwortung“  
Veranstalter: DBG  
Termin und Ort der Tagung: 07.-12.09.2013, Rostock  
Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation)  
<http://www.dbges.de>

## **N-Mineralisierung und mikrobiell gebundener N im Boden unter dem Einfluss von Biochar und Biochar-Kompost**

**Schlüsselworte:** Stickstoff, Mineralisation, Immobilisation, Pyrolyse-Kohle

*B. Klein \* und T. Appel \**

### **Einleitung**

Durch das Einmischen von Pflanzenkohle (Biochar) in den Boden kann dessen Fruchtbarkeit verbessert werden, was auch darauf beruht, dass Pflanzennährstoffe an der Oberfläche der Kohle adsorbiert werden oder die Nährstoffe in den zahlreichen kleinen Poren der Kohle vor Auswaschung geschützt sind (Glaser et al. 2002). Diese Eigenschaft der Kohlen kann sich allerdings auch negativ auf das Pflanzenwachstum auswirken, wenn dadurch Nährstoffe immobilisiert werden. Neben der abiotischen Festlegung der Nährstoffe an den Oberflächen und in den Poren der Kohle ist auch eine biotische Immobilisation denkbar, wenn sich auf den Oberflächen und in den Poren mikrobielle Biomasse vermehrt. Vor allem Stickstoffmangel wirkt sich auf die Pflanzen negativ aus. Um einer unerwünschten Festlegung von Nährstoffen durch die Kohlen entgegenzuwirken, wurde versucht, die Kohlen bereits vor ihrer Einmischung in den Boden mit Nährstoffen und mikrobieller Biomasse zu beladen.

---

\* Fachhochschule Bingen, Berlinstr. 109, 55411 Bingen - Benedikt Klein,  
Email: [b.klein@fh-bingen.de](mailto:b.klein@fh-bingen.de)  
- Prof. Dr. Thomas Appel,  
Email: [appel@fh-bingen.de](mailto:appel@fh-bingen.de)

Eine Möglichkeit, die Kohlen zu beladen, besteht darin, sie zusammen mit einem organischen Substrat zu kompostieren (= Biochar-Kompost). In einem Laborinkubationsversuch überprüften wir, wie sich das Mitkompostieren der Kohle auf die Stickstoffverfügbarkeit im Boden auswirkte.

### **Material und Methoden**

Für die Inkubation wurden die zu prüfenden Komposte mit Boden gemischt und dann bei 25 °C insgesamt 8 Wochen lang aerob in einem Brutschrank inkubiert. Der Boden (schwach toniger Lehm, pH 6,22, Humus 1,83 %, Trockenmasse 85 %) stammte aus 0-10 cm Tiefe einer Ackerfläche der Fachhochschule Bingen, die seit 1993 nicht mehr mit Stickstoff gedüngt worden war. Das Substrat für den Kompost bestand aus strohhaltigem Kuhmist, Stroh, Hühnermist, Pferdemist, Gesteinsmehl und Erde. Die Pflanzenkohle war bei ca. 550 °C aus holzigem Material von der Fa. Schottendorf produziert worden (pH 8,8, 74,7 % C, 0,69 % N). Das zur Kompostierung vorgesehene Substrat wurde mit und ohne Kohlezusatz vom 6.4. bis zum 15.5.2011 in jeweils drei Mieten kompostiert (Kammann et al. 2013). Die Kompostmieten wurden täglich gewendet, um eine aerobe Kompostierung zu gewährleisten. Für den Inkubationsversuch standen uns die Pflanzenkohle, der fertige Kompost ohne Kohlezusatz und der Biochar-Kompost zur Verfügung.

Der Biochar-Kompost war durch Vermischen von Pflanzenkohle (ca. 20 Vol. %) mit dem zur Kompostierung vorgesehenen Substratgemisch (ca. 80 Vol. %) hergestellt worden (Kammann et al. 2013). Der Kohleanteil nach der Kompostierung wurde von den Autoren mit einer als „loss on ignition“ bezeichneten Methode nach Koide et al. (2011) ermittelt und mit 11 % bezogen auf die Trockenmasse bzw. 30 % bezogen auf das Volumen des fertigen Biochar-Kompostes angegeben. Der Kompost enthielt

63,2, der Biochar-Kompost 64,7 und die Pflanzenkohle 79,7 % Trockenmasse.

Eine Kontrolle (Boden pur 500 g) und vier Substratvarianten wurden inkubiert (Angaben bezogen auf Frischmasse (FM)):

1. Boden pur
2. Biochar 1,69 g + 500 g Boden
3. Kompost 17,28 g + 500 g Boden
4. Biochar-Kompost 18,89 g + 500 g Boden (zusammen kompostiert)
5. Biochar & Kompost  
(Biochar nicht mitkompostiert, sondern unmittelbar vor der Inkubation 1,69 g Kohle mit 17,28 g fertigem Kompost und 500 g Boden vermischt)

Die Kohlemenge war also in den Varianten 2, 4 und 5 jeweils gleich (1,345 g TM / Gefäß), ebenso der Kompost in den Varianten 4 und 5 (10,9 g TM / Gefäß). Die applizierte Menge entspricht umgerechnet etwa 30 t / ha, wenn man von 8 cm Einarbeitungstiefe ausgeht.

Der Boden bzw. die Boden-Substrat-Gemische wurden sorgfältig durchgemengt, in Kunststoffgefäße (1 L Gefrierdosen) gefüllt und dann auf 18 % H<sub>2</sub>O (w/w) befeuchtet. Insgesamt wurden 80 Gefäße angesetzt. Vier Parallelen jeder Variante wurden noch am Tag des Ansetzens analysiert (Termin 0). Die restlichen 60 Gefäße wurden jeweils mit einer dünnen PE-Folie als Dampfbremse abgedeckt und in einen Wärmeschrank bei 25 °C gestellt. Der Wassergehalt wurde einmal wöchentlich durch wiegen kontrolliert und bei Bedarf ergänzt. Aus Vorversuchen war bekannt, dass unter diesen Inkubationsbedingungen die Mineralisation optimal abläuft, ohne dass die Gefahr von N-Verlusten durch heterotrophe Denitrifikation besteht.

Insgesamt dauerte die Inkubation 56 Tage. Zu Beginn der Inkubation sowie nach 14, 35 und 56 Tagen wurden jeweils vier Gefäße (Parallelen) jeder Variante aus der Inkubation entnommen und der Boden analysiert. Hierzu wurde der Boden eines

Gefäßes zunächst jeweils durchmischt und dann eine Probe von 50 g mit 200 ml 0,5 M K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> extrahiert. Ein weiteres Aliquot von 50 g wurde zunächst für 24 Stunden mit Chloroform fumigiert und dann extrahiert. In den Extrakten wurde Nitrat, Ammonium und der gesamtlösliche Stickstoff mit einem Continuous-Flow-Analyser der Fa. Skalar gemessen. Aus der Differenz des gesamtlöslichen Stickstoffs mit und ohne Fumigation wurde der Stickstoff in der mikrobiellen Biomasse (N<sub>mik</sub>) nach Brookes et al. (1985) errechnet. Die Analysenergebnisse wurden umgerechnet und auf die Boden-Trockenmasse bezogen.

## Ergebnisse

Die NH<sub>4</sub>-Gehalte lagen in allen Varianten zu Beginn der Inkubation zwischen 0,05 und 0,39 mg NH<sub>4</sub>-N/kg Boden und nach 56 Tagen Inkubation bei 0,21 bis 0,55 mg NH<sub>4</sub>-N/kg Boden (Daten nicht gezeigt). Das Fehlen von Ammonium im Boden während der gesamten Inkubation zeigt, dass in den Böden die Bedingungen für die Nitrifikation sehr gut waren, so dass das im Zuge der Mineralisation gebildete NH<sub>4</sub><sup>+</sup> sofort zu Nitrat oxidiert werden konnte.

Die NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Gehalte waren in den mit Kompost gedüngten Varianten von Anfang an besonders hoch und in den beiden Varianten ohne Kompost niedrig (Abb. 1). Dieser Unterschied zeigt, dass die Komposte besonders reich an Nitrat waren.

In allen Varianten stiegen die Nitratgehalte mit der Zeit an. Diese Nitratakkumulation ist das Ergebnis der Stickstoffmineralisation im Boden.

Das Einmischen von Pflanzenkohle hatte auf die Mineralisation fast keinen Einfluss. Das ist daran zu erkennen, dass die Nitratakkumulation der Biochar-Varianten nahezu deckungsgleich mit der Nitratakkumulation im reinen Boden verlief. Der Unterschied betrug nur ca. 1 mg / kg Boden.

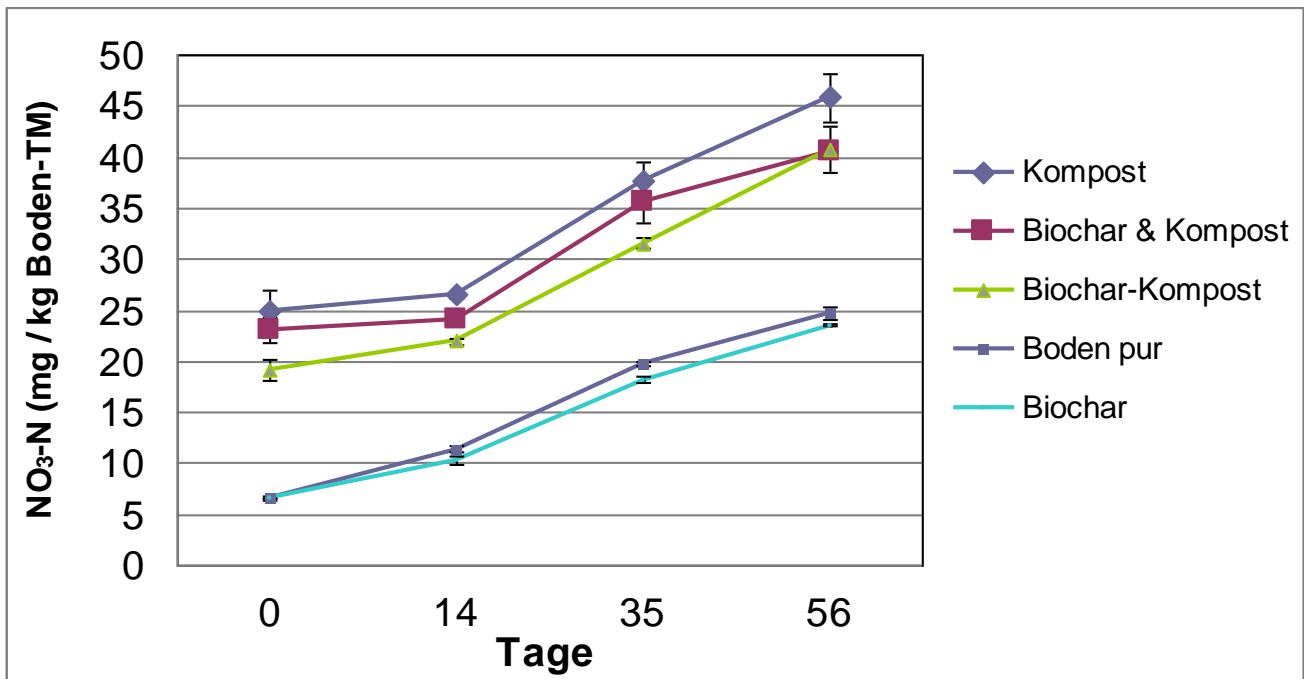


Abb. 1: Nitrat-Akkumulation im Verlauf der Inkubation ( $\pm$  Standardfehler,  $n = 4$ )

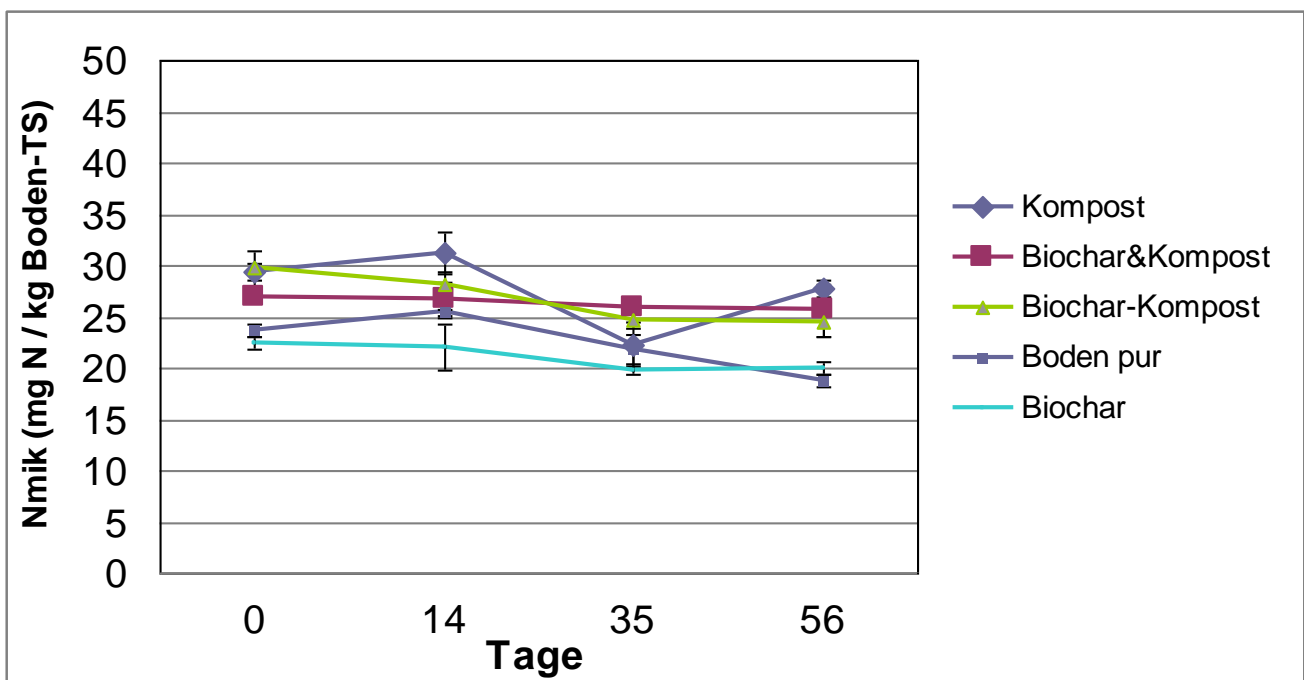


Abb. 2: Stickstoff in der mikrobiellen Biomasse (Nmik) im Verlauf der Inkubation ( $\pm$  Standardfehler)

Bei den drei Kompost-Varianten fällt auf, dass in der Biochar-Kompost-Variante über den gesamten Verlauf der Inkubation geringere Nitratgehalte gemessen wurden als in der Kompost-Varianten ohne Kohle. Der Unterschied betrug im Mittel 5,4 mg N / kg Boden. Diese Differenz könnte dahingehend interpretiert werden, dass die Kohle während der Kompostierung die entsprechende Stickstoffmenge immobilisiert hat-

te und dass der immobilisierte Stickstoff dann im Boden während der Inkubation auch nicht mehr den Nitrifikanten zur Verfügung stand und auch nicht mit  $K_2SO_4$  extrahiert werden konnte. Es kann angenommen werden, dass der immobilisierte Stickstoff auch nicht für Pflanzen verfügbar gewesen wäre. Die Nitratgehalte der Biochar&Kompost-Variante (Kohle mit Kompost erst unmittel-

bar vor der Inkubation zusammengesetzt) waren ebenfalls stets niedriger als die der Kompost-Variante ohne Kohle. Darin kommt die immobilisierende Wirkung der Pflanzenkohle zum Ausdruck. Da der Unterschied von Anfang an vorhanden war, dürfte die Immobilisierung abiotisch und nicht durch Mikrowachstum induziert worden sein. Im letzten Abschnitt der Inkubation, von Tag 35 bis Tag 56, fällt allerdings auf, dass die Nitratakkumulation in der Variante Biochar&Kompost weniger steil verläuft als in allen anderen Varianten. Diese Abweichung in der Nitratakkumulation könnte darauf hindeuten, dass nach 35 Tagen Inkubation nun eine Phase der biotischen Immobilisation begann, z.B. indem auf den Kohleoberflächen verstärkt Mikroben zu wachsen begannen.

Um das zu überprüfen, wurden der Stickstoff in der mikrobiellen Biomasse ( $N_{mik}$ ) gemessen (Abb. 2). Die  $N_{mik}$ -Werte lieferten allerdings keinen Anlass zu der Vermutung, dass die durch die Kohle bewirkte Immobilisation durch Mikrowachstum induziert worden wäre. Insbesondere die Abschwächung der Nitratakkumulation in der Biochar&Kompost-Variante in der letzten Phase der Inkubation kann nicht durch einen Anstieg des mikrobiell gebundenen Stickstoffs erklärt werden. Auch beim Vergleich der Biochar-Variante mit dem Boden pur wurden in der Biochar-Variante tendenziell niedrigere und nicht höhere  $N_{mik}$ -Werte gemessen. Der Einbau von Stickstoff in eine möglicherweise durch Pflanzenkohle geförderte mikrobielle Biomasse kann also die kohlebedingte Immobilisation nicht erklären.

Wir schlussfolgern deshalb, dass die Kohle eine abiotische Stickstoffimmobilisation im Boden induzierte. Möglicherweise gelangten lösliche N-Verbindungen in die teilweise sehr kleinen Poren der Kohle. Die N-Verbindungen lassen sich daraus dann

möglicherweise nicht mehr leicht extrahieren und sie nehmen auch nicht mehr am mikrobiell getriebenen N-Umsatz im Boden teil.

## Literatur

- Brookes, P.C., Landman, A., Jenkinson, D.S. (1985): Chloroform Fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biol. Biochemistry* 17, 837- 842
- Glaser, B., Lehmann, J., Zech, W. (2002): Ameliorating physical and chemical properties of highly watered soils in the tropics with charcoal - a review. *Biol. Fert. Soils* 35, 219-230
- Kammann, C., Messerschmidt, N., Müller, C., Steffens, D. Schmidt, H.-P, Koyro, H.-W. (2013): Significant plant growth stimulation by composted as opposed to untreated Biochar. Vortrag auf der Jahrestagung der European Geosciences Union am 11.4.2013 in Wien
- Koide, R. T., Petprakob, K., Peoples, M. (2011): Quantitative analysis of biochar in field soil. *Soil Biol. Biochemistry* 43, 1563-1568