

## Wirkung von Biochar und organischen Düngern auf Pflanzenwachstum und Bodeneigenschaften

Reents, H.J.<sup>1</sup> und Levin, K.<sup>1</sup>

*Keywords: Biochar, manure, soil properties, biomass*

### Abstract

*The effects of Biochar and combinations with organic manures on plant biomass and soil properties were tested in a lab experiment with two different soils. Highest applications (10 %) of Biochar alone implicated a plant growth decrease while the manure combinations increased biomass, especially in the Luvisol. This positive reaction was not detected in the Regosol during the experiment. Increasing rates of the different amendments decreased soil bulk density, especially in the Luvisol. Manures increased soil respiration, Biochar had nearly no effect. In order to improve soil fertility, combining Biochar with organic N-fertiliser is recommended.*

### Einleitung und Zielsetzung

Ausgehend von den „Schwarzerden“ aus dem Amazonas Gebiet, die unter dem Name Terra preta bekannt wurden und die durch Einmischung von Holzkohle und organischen Abfällen eine hohe, lang andauernde Fruchtbarkeit erreicht haben, wurde in den letzten Jahre versucht, dieses Verfahren zur Bodenverbesserung auch in Deutschland umzusetzen. Dabei werden die Prinzipien des Öko-Landbaus sehr konsequent umgesetzt. Bodenverbesserungen durch Holzkohle (Biochar) sind aufgrund ihrer großen Oberfläche und porösen Struktur zu erwarten, d. h. Speicherfähigkeit für Nährstoffe und Wasser ist potenziell höher, ebenso der Besiedlungsraum für Mikroorganismen. Andererseits könnte eine N-Fixierung stattfinden und der pH-Wert durch die Aschebestandteile der Kohle deutlich angehoben werden. Aus diesen Gründen aber auch wegen der problematischen Ausbringung von trockener Asche erscheint die Mischung mit Wirtschaftsdünger sinnvoll. Um Effekte von Biochar und Dünger auf Boden und Pflanzenwachstum prüfen, wurde ein Gefäßversuch in einer Klimakammer durchgeführt (Levin 2012) und dessen Ergebnisse auf Übertragbarkeit diskutiert.

### Methoden

Der Versuch wurde 3-faktoriell angelegt mit den Faktoren: Boden (2 Orte), Düngerart (6) und Düngerhöhe (3) in 4-facher Wiederholung. Für die Experimente wurde Boden (Tabelle 1) aus der Krume von 2 Öko-Betrieben entnommen, getrocknet und auf 2 mm gesiebt. Sie unterscheiden sich in der Textur kaum, der Regosol hat allerdings höhere Nährstoff- und Humusgehalte und enthält ca. 50 % Kalk.

In dem Gefäßversuch wurden folgende Dünger (Tabelle 2) verwendet: Biochar (B) aus einer Pyrolyse-Holzgas-Heizung, frischer Stallmist (SM) aus ein Tretmiststall für Milchkühe, Kombination von Biochar und Stallmist (BSM), Kompost 1 und 2 aus Stallmist + ca. 20 % Biochar, gemischt, vier (K1) bzw. acht (K2) Wochen kompostiert. Die Anwendung von Biochar in der Kompostierung ist sinnvoll wegen der späteren

---

<sup>1</sup> Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, TU München Weihenstephan, Alte Akademie 12, 85354 Freising, [hj.reents@tum.de](mailto:hj.reents@tum.de)

**Tabelle 1: Eigenschaften der verwendeten Böden**

		Cambic Luvisol	Calcaric Regosol
Textur		Lu	Lu
C <sub>org</sub>	(%)	1,7	4,1
Nt	(%)	0,17	0,39
C/N		9,9	10,5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	(mg 100g <sup>-1</sup> )	11	16
K <sub>2</sub> O	(mg 100g <sup>-1</sup> )	10	30
Mg	(mg 100g <sup>-1</sup> )	18	19
pH		6,5	7,3
WK	(%)	55,9	60,8

Ausbringung (kein Staub) und der mögliche Belegung von Sorptionsplätzen durch Nährstoffe aus dem Mist. Entsprechend der Untersuchung der Komposte wurden die Ausgangsmaterialien separat getestet. Die Dünger wurden getrocknet, zerkleinert und auf 2 mm gesiebt und in den Konzentrationen 0,1 %, 1 % und 10 % in 400 g Boden eingemischt, um sicher konzentrationsabhängige Effekte zu bekommen, wobei die mittlere Konzentration einer üblichen Stallmistgabe entspricht. Die

Mischungen wurden in offenen Gefäßen bei 60 % WK für 10 Wochen bei 22/18 °C inkubiert, um eine Verbindung von Boden und Dünger zu erreichen. Danach wurde der Boden geteilt, eine Hälfte wurde für Bodenuntersuchungen getrocknet, die andere Hälfte wurde in Neubauer Schalen eingefüllt, Gerste eingesät und dann auf 15 Pflanzen pro Schale vereinheitlicht. Die Pflanzen wuchsen bei Tag/Nacht Rhythmus von 13 h Licht, 22 °C / kein Licht 18 °C. Mit Einsetzen einer Vergilbung von Blättern wurde der Versuch nach 24 Tage beendet, der Spross (BM) geerntet und die Trockenmasse bestimmt (nach Keimpflanzen Methode von Neubauer).

**Tabelle 2: Eigenschaften der verwendeten Dünger**

	pH (CaCl <sub>2</sub> )	C <sub>org</sub> % TM	N <sub>total</sub> % TM	P <sub>total</sub> % TM	K <sub>total</sub> % TM	Asche % TM
Stallmist (SM)	9,5	31,6	1,60	0,49	3,68	31,7
Kompost 1 (K1)	9,8	34,9	1,44	0,52	3,74	37,1
Kompost 2 (K2)	9,9	33,8	1,48	0,55	3,97	40,8
Biochar (B)	12,6	66,5	0,18	0,35	2,46	26,8

Bei den Böden wurden die Merkmale Lagerungsdichte (LD, an gleichmäßig verdichteten Bodensäulen), Bodenatmung (BA)(Isermeyer-Methode), pH-Wert und Wasserhaltefähigkeit (WK) untersucht.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Varianzanalyse (Tabelle 3) zeigt, dass alle Prüffaktoren einen signifikanten Einfluss auf die verschiedenen Merkmale hatten, ebenso wie die Wechselwirkung Düngerart x Düngerhöhe. Die Düngerart hatte nur beim pH-Wert eine Wechselwirkung mit dem Boden.

Die Ergebnisse aus den Neubauer-Versuchen zeigten eine um 60-70 % höhere Biomassebildung auf dem Regosol (Tabelle 4), was auf den deutlich höheren Humus- und Nährstoffgehalt zurückgeführt werden kann. Dieser Boden reagierte im Schnitt der Varianten im Versuchszeitraum nicht auf die Zufuhr von Dünger. Im Einzelnen hatte die hohe Biochar-Gabe eine Wachstumsdepression, die Kombination BSM eine höhere BM zur Folge. Im Gegensatz dazu konnte beim Luvisol speziell bei der höchsten Gabe organischer Dünger eine höhere Biomassebildung beobachtet werden, während

Biochar in der höchsten Konzentration ebenfalls zu einer Wachstumsreduktion führte. Die Wechselwirkung von Düngertiefe x Boden wurde nur auf dem Luvisol sichtbar, wo die höchsten Gaben zu einer Wachstumsförderung führten, wenn der organische Dünger noch nicht zu sehr umgesetzt war (SM, BSM, K1 > K2). Biochar allein führte bei der hohen Konzentration von 10 % zu Wachstumsdepressionen, was eher mit einer N-Blockade als durch den hohen pH-Wert erklärt werden kann, da die Kombination BSM die besten Ergebnisse erzielte.

**Tabelle 3: Signifikanz der Prüffaktoren  $p$  im F-Test der Varianzanalyse**

Varianz-Quelle	FG	BM	LD	pH	WK	BA
Gesamt	128	$p$	$p$	$p$	$p$	$p$
Boden	1	0,000	0,000	0,000	0,049	0,000
Düngerart	4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Düngertiefe	2	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
Wiederholung	3	0,339	0,654	0,745	0,654	0,381
Boden x Düngerart	4	0,526	0,305	0,028	0,800	0,552
Boden x Düngertiefe	2	0,001	0,305	0,000	0,022	0,036
Düngerart x Düngertiefe	8	0,000	0,012	0,000	0,000	0,000

**Tabelle 4: Einfluss der Faktorstufen auf die Merkmale Biomasse (BM), Lagerungsdichte (LD), pH-Wert, Wasserkapazität (WK) und Bodenatmung (BA) und signifikante Unterschied im Tuckey-Test,  $p=0.05$**

Düngerart	N	BM (gTM/Gef.)	LD (g/ml)	pH	WK (%)	BA (mg CO <sub>2</sub> /10g/48h)
Null	8	1,218 a	0,979 c	6,80 a	61,9 a	3,96 a
SM	24	1,255 b	0,917 ab	7,17 b	65,6 b	7,02 c
B	24	1,083 a	0,870 a	7,30 d	73,7 c	4,36 a
BSM	24	1,310 b	0,950 bc	7,23 c	67,3 b	6,53 c
K1	24	1,267 b	0,955 bc	7,19 bc	65,8 b	6,24 bc
K2	24	1,290 b	0,962 bc	7,21 bc	66,2 b	5,52 b
Dg.höhe	N					
0 %	8	1,218	0,979 bc	6,80 a	61,9 a	3,96 a
0,1 %	40	1,212	1,016 c	6,86 b	62,5 a	4,59 ab
1 %	40	1,198	0,969 b	7,05 c	65,0 a	5,24 b
10 %	40	1,313	0,807 a	7,74 d	75,6 b	7,97 c
Boden						
Luvisol	64	0,935	0,964	7,01	66,8	4,90
Regosol	64	1,544	0,903	7,37	67,9	6,72

Die Lagerungsdichte (LD, Tabelle 4) war beim Regosol geringer als beim Luvisol, was bei gleichartiger Textur im Wesentlichen auf dem höheren Humusgehalt beruhen wird. Die Einmischung der Dünger führte im Luvisol in der Regel zu geringerer Lagerungsdichte, insbesondere in der hohen Konzentration. Bei der Mischung mit Kompost war die Wirkung deutlich geringer als in Kombination mit Frischmist oder Biochar allein. Teilweise hatte die Einarbeitung der niedrigeren Düngermengen (0,1 %, 1 %) eine höhere LD im Vergleich zum Ausgangsboden zur Folge. Nur in der höchsten Düngerstufe war die LD verringert. Es ist anzunehmen, dass die Feinanteile des gemahlene organischen Düngers vermehrt Poren gefüllt haben, erst die höhere Menge verringerte die Dichte.

Der pH-Wert wurde durch die hohen Düngergaben deutlich angehoben (Tabelle 4). Bei dem niedrigeren pH-Wert des Luvisols war auch die mittlere Düngestufe pH-wirksam. Die pH Steigerung ist einerseits durch die Asche im Biochar, andererseits aber auch durch Ammoniak im Mist zu erklären.

Die Bodenatmung des Regosols war höher als die vom Luvisol (Tabelle 4), was auf den höheren Humus- und Kalkgehalt zurückgeführt wird. Die hohe Zugabe (10 %) von organischem Dünger führte zu einem sehr deutlichen Anstieg der Bodenatmung insbesondere bei Mist und etwas abgeschwächt bei jüngerem Kompost K1. Mit dem älteren Kompost K2 war die Bodenatmung am geringsten, die Zunahme mit der Konzentration wurde dort aber am deutlichsten. Die alleinige Zugabe von Biochar veränderte die Bodenatmung kaum und es gab keine Mengen-Wirkungs-Beziehung. In den Mischungen dominierte die Wirkung des organischen Düngers, eine zusätzliche Wirkung von Biochar war nicht zu erkennen.

Die hier durchgeführten Gefäßversuche können zwar nicht Untersuchungen bei langfristiger wiederholter Anwendung von Biochar ersetzen, sie geben aber doch interessante Hinweise auf mögliche Wirkungen. Nach alleiniger Gabe von Biochar sind zunächst keine positiven Wirkungen auf das Pflanzenwachstum zu erwarten, bei höheren Mengen wird eher eine negative Wirkung auftreten. Mögliche Ursachen sind eine Fixierung von Stickstoff an dessen Oberfläche und eine zu starke pH-Wert Erhöhung, die sich unter Freilandbedingungen bald wieder absenken wird. Mit Biochar sind Verbesserungen in der Struktur zu erwarten, die zu höherer Wasserkapazität (Levin 2012) führt. Die Versuche zeigen, dass eine Kombination mit N-haltigen Düngern sinnvoll sein wird, um den positiven Wachstumseffekt und die Voraussetzungen für die Verbesserung des Bodens zu erreichen. Damit ergeben sich im Labormaßstab vergleichbare Ergebnisse wie im Feld, z.B. Chan *et al.* (2007), Glaser (2010). Darüber hinaus machen die Ergebnisse deutlich, dass Böden unterschiedlich auf Dünger und Biochar reagieren und dies bei der Planung der Anwendung berücksichtigt werden sollte.

## Literatur

- Chan K. Y., Van Zwieten E. L., Meszaros I., Downie A., Joseph D. and S. (2007): Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment - Australian J. of Soil Res., 45, 629–634
- Glaser, B. (2010): Biokohle als Option für den Klimaschutz – Stand des Wissens und offene Fragen – Vortrag Biochar Symposium 2010 8.-9. Juli - Universität Bayreuth
- Levin, K. (2012): Effects on soil properties and plant growth of different amounts and preparations of biochar. Master thesis TUM-Weihenstephan
- Reents, H. J., Kohls K., Erez, B. (2011): Effects of Biochar with organic fertilizer on soil properties and plant growth (unpublished)