

Tagungsbeitrag zu: DBG Jahrestagung
 Titel der Tagung: Verwertung von
 Materialien
 Veranstalter: Kommission VI der
 DBG, September
 2013, Rostock
 Berichte der DBG (nicht begutachtete
 online Publikation
<http://www.dbges.de>

Nutzen und Risiken des Einsatzes von Biokohle unter Berücksichtigung des Boden- und Gewässerschutzes (Literaturstudie)

Seith, Theresa; Dr. Kastler, Michael; Dr. Beisecker, Richard; Dr. Denneborg, Michael

Schlüsselworte

Biochar, Hydrochar, Herstellungsverfahren, chemische Eigenschaften, organische Schadstoffe, Adsorptionsverhalten

Ziel der Studie

Die Literaturstudie trägt aus ca. 180 Veröffentlichungen den aktuellen Kenntnisstand zu den wichtigsten Herstellungsprozessen, stofflichen Eigenschaften und Anwendungen von Biokohlen zusammen. Daraus wurde versucht, Risiken für Gewässer zu identifizieren und zu bewerten, die sich aus

der Ausbringung von Biokohlen in Böden ergeben. Das größte Risiko besteht zur Zeit im unzureichenden Kenntnisstand bezüglich Schadstoffeintrag in den Boden und -austrag in die Gewässer.

Definition von Biokohle

Biokohle ist ein kohlenstoffreiches Produkt, das bei der Erhitzung von Biomasse unter geringer oder keiner Sauerstoffzufuhr mit der Absicht zur Einbringung in Böden entsteht (LEHMANN & JOSEPH, 2009). Insgesamt handelt es sich bei Biokohle um eine Produktpalette mit sehr heterogenen Eigenschaften in Abhängigkeit von den Edukten und Herstellungsprozessen. Eine Generalisierung ist deshalb nur sehr schwer möglich.

Herstellungsverfahren von Biokohle

Biokohlen können mit entweder mit thermochemischen Verfahren oder mit hydrothormaler Carbonisierung erzeugt werden (QUICKER, 2012). Bei der thermochemischen Produktion sind die Pyrolyse, die Torrefizierung, das PYREG-Verfahren und die Vergasung die wichtigsten Prozesse, in denen Biokohle als Haupt- oder Nebenprodukt entsteht (Tabelle 1). Eine weitere

Tabelle 1: Überblick zu wichtigen Verfahren zur Erzeugung von Biokohle mit Prozesseigenschaften (Datenquelle: Meyer et al., 2011)

Prozess	typische Prozesstemperatur	typische Verweildauer	typische C-Ausbeute
Torrefizierung	~ 290 °C	10 - 60 min	0,67 - 0,85
langsame Pyrolyse	~ 400 °C	Minuten bis Tage	≈ 0,58
schnelle Pyrolyse	~ 500 °C	~ 1 s	0,20 - 0,26
Vergasung	~ 800 °C	~ 10 - 20 s	≈ 0,88
Hydrothermale Carbonisierung	~ 180 - 250 °C	1 - 12 h	≈ 0,65

bedeutende Herstellungsmöglichkeit von Biokohle ist die hydrothermale Carbonisierung (HTC). Im Gegensatz zu den thermochemischen Prozessen ist die Biomasse von Wasser umgeben und es herrschen Drücke bis zu 40 bar vor.

Generell haben Biokohlen aus langsamen Verfahren mit geringeren Prozesstemperaturen höhere Kohlenstoff-Ausbeuten (QUICKER, 2012).

Eigenschaften von Biokohlen

Das Herstellungsverfahren beeinflusst auch die Elementargehalte von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff der Biokohle (SCHIMMELPFENNIG & GLASER, 2012). Pyrolytisch erzeugte Biokohle zeigt Elementargehalte ähnlich Steinkohle, während Biokohle aus hydrothormaler Carbonisierung mit Braunkohle vergleichbar ist und folglich auch weniger stabil gegenüber Abbauprozessen ist (WALLMANN & AHLBORN, 2011). Für Biokohle aus pyrolytischen Prozessen werden H/C-Verhältnisse $< 0,6$ und O/C-Verhältnisse $< 0,4$ beobachtet. Insgesamt werden die Elementargehalte vom Herstellungsprozess, vom Ausgangsmaterial, der Prozesstemperatur und der Prozessdauer beeinflusst. Die Prozesstemperatur bei der Pyrolyse wirkt sich auch auf die spezifische Oberfläche, den pH-Wert und die Kationenaustauschkapazität aus. Generell steigen die Werte dieser Eigenschaften mit ansteigender Prozesstemperatur (LEHMANN, 2007).

Nutzen der Biokohle-Ausbringung

Die Literaturlauswertung zeigte, dass sich Untersuchungen zur Anwendung von Biokohle bis jetzt überwiegend auf die Darstellung von Effekten bezüglich der Bodenverbesserung und einer Steigerung der Ertragsfähigkeit bzw. -sicherheit in der landwirtschaftlichen Anwendung beziehen. Es wird häufig gezeigt, dass auf sandigen Böden der Gehalt an organischer Substanz und damit die Strukturstabilität und das Wasserspeichervermögen erhöht werden können. Zudem verbessert sich unter bestimmten Anwendungsbedingungen das Nährstoffdargebot. Bei den erzielbaren Erträge wurden Zuwächse verzeichnet, die in Kombination mit verschiedenen Düngergaben am größten waren (JEFFERY et al., 2011).

Risiken der Biokohle-Ausbringung

Mit Biokohlen können einerseits erhebliche Nährstofffrachten, aber andererseits auch Schadstoffe wie Schwermetalle (insbesondere Kupfer und Zink) (LIBRA et al., 2011) und organische Schadstoffe (vor allem PAK) (HALE et al., 2012) in das Ökosystem eingebracht werden. Untersuchungen zu Schadstoffen, die mit der Biokohle ausgebracht werden, oder mit der Applikation verbundene Änderungen im Bodenmilieu und dadurch induzierte Stoffausträge mit dem Sickerwasser liegen bisher nur in geringem Umfang vor.

Daher bestehen allein aufgrund dieser sehr großen Heterogenität der Biokohleprodukte Risiken für Böden und Ge-

wässer im Falle einer großflächigen Anwendung von Biokohle.

Die Risiken ergeben sich vor allem aus dem nicht vorhersagbaren Gehalt an organischen Schadstoffen. Für die PAK-Summenkonzentration wurden bis zu 3.000 g kg^{-1} in Biokohle, die als Nebenprodukt bei der Holzvergasung entsteht, ermittelt (REICHLE et al., 2010). Nachdem Biokohle in Böden ausgebracht wurde, beobachteten BEESLEY & DICKINSON et al. (2011) in der obersten Bodenschicht eine deutliche erhöhte DOC-Konzentration, weitere Analysen bezüglich organischer Schadstoffe, die mit dem DOC verlagert werden können, fehlen allerdings.

Weitere Gefährdungspotenziale bestehen darin, dass die Biokohle einerseits Stoffe wie Pflanzenschutzmittel (GRABER et al., 2012) und Nährstoffe (DING et al., 2010) absorbieren und andererseits das umgebende Bodenmilieu verändern kann, was wiederum zu einer Mobilisierung von Arsen und Schwermetallen führen kann (HARTLEY et al., 2009). Des Weiteren wurden unterschiedliche Einflüsse auf die Stickstoff-Umsätze im Boden in Form von Adsorptions- und Auswaschungsprozessen verzeichnet. Auch hier sind die Einflussfaktoren und Auswirkungen bisher nicht abzuschätzen. Zum einen können höhere Gaben von Pflanzenschutzmitteln und Nährstoffen notwendig sein und zum anderen ist das Freisetzungspotenzial adsorbierter Stoffe noch völlig unklar.

Fazit

So unüberschaubar die positiven Eigenschaften von Biokohleprodukten sind, so sind die Risiken, die mit deren großflächigem Einsatz verbunden wären, noch unübersichtlicher. Abschließend ist davon auszugehen, dass die Biokohleausbringung auf und in Böden - vor allem auf leichten Standorten - ein hohes Gefährdungspotenzial für Boden und Gewässer beinhaltet.

Literatur:

- BEESLEY, L. & DICKINSON, N. 2011. Carbon and trace element fluxes in the pore water of an urban soil following greenwaste compost, woody and biochar amendments, inoculated with the earthworm *Lumbricus terrestris*. *Soil Biology and Biochemistry*, **43**, 188–196.
- DING, Y., LIU, Y.-X., WU, W.-X., SHI, D.-Z., YANG, M. & ZHONG, Z.-K. 2010. Evaluation of Biochar Effects on Nitrogen Retention and Leaching in Multi-Layered Soil Columns. *Water Air Soil Pollutant*, **213**, 47–55.
- GRABER, E., TSECHANSKY, L., GERSTL, Z. & LEW, B. 2012. High surface area biochar negatively impacts herbicide efficacy. *Plant and Soil*, **353**, 95–106.
- HALE, S. E., LEHMANN, J., RUTHERFORD, D., ZIMMERMAN, A. R., BACHMANN, R. T., SHITUMBANUMA, V., O'TOOLE, A., SUNDQVIST, K. L., ARP, H. P. & CORNELISSEN, G. 2012. Quantifying the Total and Bioavailable Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Dioxins in Biochars. *Environmental Science & Technology*, **46**, 2830–2838.
- HARTLEY, W., DICKINSON, N., RIBY, P. & LEPP, N. W. 2009. Arsenic mobility in brownfield soils amended with green waste compost or biochar and planted with *Miscanthus*. *Environmental Pollution*, **157**, 2654-2662.

JEFFERY, S., VERHEIJEN, F., van der VELDE, M. & BASTOS, A. 2011. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **144**, 175–187.

LEHMANN, J. 2007. Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **5**, 381-387.

LEHMANN, J. & JOSEPH, S. 2009. Biochar for Environmental Management: An Introduction. In *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. 1. Aufl. (Hrsg. J. Lehmann & S. Joseph), S. 1–12. Earthscan, London.

LIBRA, J. A., RO, K. S., KAMMANN, C., FUNKE, A., BERGE, N. D., NEUBAUER, Y., TITIRICI, M.-M., FÜHNER, C., BENS, O., KERN, J. & EMMERICH, K.-H. 2011. Hydrothermal carbonization of biomass residuals: a comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis. *Biofuels*, **2**, 89–124.

MAJOR, J., LEHMANN, J., RONDON, M. & GOODALE, C. 2010. Fate of soil-applied black carbon: downward migration, leaching and soil respiration. *Global Change Biology*, **16**, 1366-1379.

MEYER, S., GLASER, B. & QUICKER, P. 2011. Technical, Economical, and Climate-Related Aspects of Biochar Production Technologies: A Literature Review. *Environmental Science & Technology*, **45**, 9473–9483.

REICHLER, E., SCHMOEKEL, G., SCHMID, M. & KÖRNER, W. 2010. Rückstände aus Holzvergasungsanlagen. *Müll und Abfall*, **3**, 118–126.

QUICKER, P. 2012. Thermochemische Verfahren zur Erzeugung von Biokohle. In *Biokohle im Blick: Herstellung, Einsatz und Bewertung*. (Hrsg. K. Fricke), S. 21–34. Orbit, Weimar.

SCHIMMELPFENNIG, S. & GLASER, B. 2012. One Step Forward toward Characterization: Some Important Material Properties to Distinguish Biochars. *Journal of Environmental Quality*, **41**, 1001–1013.

WALLMANN, R. & AHLBORN, C. 2011. Stabilität unterschiedlich aufbereiteter Biomasse. In *Biokohle-Klimarettter oder Mogelpackung?: Risiken und Chancen für die Abfallwirtschaft*. (Hrsg. K. Fricke), S. 47–63. Orbit, Weimar.