

Biokohle für landwirtschaftliche Böden

Organische Reststoffe, die als Biokohle in Ackerböden eingearbeitet werden, können die Bodenqualität verbessern. Doch die Biokohleproduktion erfordert

die Einhaltung standardisierter Qualitätskriterien, um die Gefahr von Schadstoffeinträgen zu minimieren.

Gerhard Soja, Sophie Zechmeister-Boltenstern, Barbara Kitzler, Max Lauer, Volker Liedtke, Andrea Watzinger, Bernhard Wimmer, Franz Zehetner



Universität für Bodenkultur Wien
University of Natural Resources
and Life Sciences, Vienna



Biochar for Agricultural Soils | GAIA 21/3 (2012): 236–238

Keywords: carbon sequestration, pyrolysis, soil degradation, soil fertility

Wer landwirtschaftlich produzieren will, braucht ausreichend Fläche und fruchtbare Böden. Diese einfache Regel galt bereits für unsere Vorfahren. Allerdings sorgen nicht überall natürliche Prozesse wie regelmäßige Überschwemmungen für den nötigen Nachschub an Pflanzennährstoffen. Früher mussten Bauern die Bodenfruchtbarkeit durch andere Maßnahmen wie Brandrodungen von Primärwäldern sicherstellen: Neben neuen landwirtschaftlichen Flächen entstanden auch Holzasche und Holzkohle, die Nährstoffe für die Nutzpflanzen lieferten. Bei nährstoffarmen Böden, etwa auf stark verwitterten tropischen Standorten, mussten brandgerodete Flä-

chen bald wieder aufgegeben werden – sei denn, man sorgte für eine dauerhaft hohe Bodenfruchtbarkeit. Spuren solcher erfolgreicher Meliorationen zeigen sich im Amazonasgebiet als vereinzelte, hoch produktive Parzellen von zehn bis 200 Metern Durchmesser, erkennbar an einer dunkel gefärbten Schicht bis in eine Tiefe von einem Meter (Glaser et al. 2001, Steiner et al. 2007) – die sogenannte Terra Preta¹.

Diese Bodenverbesserung basiert darauf, dass neben Holzkohle und Asche weitere Materialien wie Siedlungsabfälle, Nahrungsreste und Tonscherben eingearbeitet wurden (Lehmann et al. 2003, Glaser und Birk 2012). Der Erfolg, den die Bevölkerung Südamerikas seit rund 10 000 Jahren mit dieser Meliorationstechnik erzielt, hat das Interesse heutiger Bodenkundler(innen) und Agrarexpert(inn)en geweckt: Sie versuchen, die Entstehung der Terra Preta nachzuahmen und produzieren aus organischen Reststoffen „Biokohle“.

Von der Terra Preta zur Biokohle

Auf dem Weg vom prähistorischen Abfallprodukt zur modernen Pyrolysekohle² hat die „organische Wunderwaffe“ zahlreiche Entwicklungsprozesse durchlaufen.

Für die kommerzielle Erzeugung von Biokohle wurden Reaktoren entwickelt, die mit unterschiedlicher Biomasse beschickt

werden. Das Ausgangsmaterial für Biokohle kann pflanzlichen Ursprungs sein (Holzhackschnitzel, land- und forstwirtschaftliche Ernterückstände, Grünschnittgut oder Lebensmittelverarbeitungsabfall). Es sind aber auch andere organische Reststoffe pyrolysefähig, zum Beispiel Gärreste aus Biogasanlagen, Knochen, Schlachtabfälle, Wirtschaftsdünger, organische Industriereststoffe oder Klärschlamm.

Die Prozessführung der Pyrolyse (vor allem Temperatur und Verweildauer) beeinflusst Ausbeute und Eigenschaften der entstehenden Biokohlen (Verheijen et al. 2010). Aufgrund der großen Auswahl pyrolysierbarer Ausgangsprodukte können sich die produzierten Biokohlen in ihren Eigenschaften stark unterscheiden (Kloss et al. 2012); daher variieren auch die jeweils optimalen Einsatzbereiche (Sohi et al. 2009). Seit einigen Jahren beschäftigen sich zahlreiche internationale Forschungsgruppen mit den Fragen, wo welche Biokohlen wie am günstigsten eingesetzt werden und welche unerwünschten Nebenwirkungen eintreten können.

Kontakt Autor(inn)en: PD Dr. Gerhard Soja | AIT Austrian Institute of Technology GmbH | Tulln | Österreich | E-Mail: gerhard.soja@ait.ac.at

PD Dr. Franz Zehetner | Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) | Institut für Bodenforschung | Wien | Österreich | E-Mail: franz.zehetner@boku.ac.at

Kontakt Österreich-Konsortium GAIA:
Dr. Christian Smoliner | Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung | Rosengasse 4 | 1014 Wien | Österreich | Tel.: +43 1 531206353 | E-Mail: christian.smoliner@bmwf.gv.at

© 2012 G. Soja et al.; licensee oekom verlag.
This is an article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1 Der Name leitet sich aus dem Portugiesischen ab und bedeutet „schwarze Erde“.

2 Unter Pyrolyse versteht man die thermochemische Zersetzung durch Erhitzen unter (weitgehendem) Sauerstoffabschluss.

Noch viele Forschungsfragen offen

Eine der zentralen Forschungsfragen ist die der Übertragbarkeit der Ergebnisse von (sub-)tropischen Terra-Preta-Flächen auf landwirtschaftliche Böden der gemäßigten Breiten. Noch ist unbekannt, wie sich ein großräumiger Einsatz von Biokohle auswirken würde, weil die Terra-Preta-Böden auf kleinräumigen, isolierten Flächen verteilt sind. Da eine solche Maßnahme nicht rückgängig gemacht werden kann, erfordert sie eine genaue Abwägung der Vor- und Nachteile sowie von Wechselwirkungen mit anderen Umweltkompartimenten, Produktstandardisierungen und Regulationen auf internationaler Ebene.

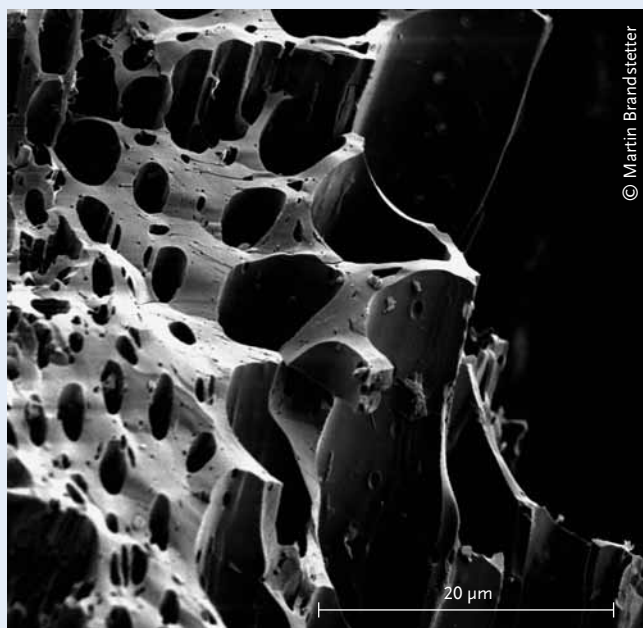
In den vergangenen Jahren wurden in vielen Ländern wissenschaftliche Studien über Biokohle und die Auswirkungen ihrer Anwendung in Labor- und Feldversuchen begonnen. Gemeinsam ist allen Untersuchungen, dass die Ergebnisse über Langzeitwirkungen außerhalb der Tropen noch lückenhaft sind. Trotzdem reichen die bislang ermittelten Übereinstimmungen aus, um Aussagen über Vorteile und Risiken des Biokohleeinsatzes zu treffen.

Da verkohlte Biomasse aus Waldbränden eine im Vergleich zu anderen organischen Materialien lange Halbwertszeit im Boden aufweist (100 bis mehr als 1000 Jahre, Nguyen et al. 2009) und einen signifikanten Anteil des organischen Bodenkohlenstoffs ausmacht (zwei bis 45 Prozent, Schmidt et al. 1999), war die Aussicht auf langfristige Kohlenstoffbindung im Boden ausschlaggebend für das Interesse an Biokohle. Die Entfernung großer Mengen an Kohlenstoff aus dem globalen Kreislauf durch Biokohleproduktion sollte den atmosphärischen CO₂-Anstieg verlangsamen, weil der im Boden als Biokohle festgelegte Kohlenstoff erst nach langer Zeit wieder als CO₂ freigesetzt wird und so lange keine Treibhauswirksamkeit entfalten kann. Daher wurde der Nutzen von Biokohle zur Kohlenstoffbindung sogar noch früher als ihr Einsatz als Bodenhilfsstoff diskutiert (Seifritz 1993, Sombroek et al. 1993).

Pflanzenwachstum verbessert

Ein verbessertes Pflanzenwachstum als Folge erhöhter Bodenfruchtbarkeit durch Biokohle ist inzwischen auf vielen tropi-

ABBILDUNG 1:
Elektronenmikroskopische Aufnahme einer Biokohle aus Stroh: Auch nach der Pyrolyse ist die für biologische Funktionen wichtige poröse Struktur erhalten geblieben.



© Martin Brandstetter

schen Standorten nachgewiesen und wird laut der Ergebnisse aktueller Feldversuche im Mittel mit etwa zehn Prozent angesetzt (Verheijen et al. 2010; allerdings sind die Effekte im ersten Jahr nicht immer nachweisbar oder in besonderen Fällen manchmal sogar negativ). Die Alkalinität der Biokohle führt bei sauren Böden zu einer erwünschten Anhebung des pH-Werts. Zudem wird die Bodenfruchtbarkeit positiv beeinflusst und anthropogene Schadstoffe werden besser zurückgehalten, da Biokohle verstärkt reaktive Oberflächen und Bindungsstellen in den Boden einbringt. Dies kann beispielsweise die Verlagerung und Bioverfügbarkeit von Schwermetallen und Pestiziden verringern und bei durchlässigen Böden zum Grundwasserschutz beitragen.

Da die poröse Struktur der Biomasse auch nach der Pyrolyse erhalten bleibt (Abbildung 1), lassen sich bessere Bedingungen für Mikroorganismen sowie erhöhte mikrobielle Biomasse und Aktivität feststellen. Ebenfalls unterstützt werden die Wasserspeicherung und somit der Bodenwasserhaushalt bei Trockenheit (Novak et al. 2012). Das Auftreten von Mykorrhizen³ sowie Regenwürmern scheint durch Biokohle gefördert zu werden, allerdings sind bei manchen Böden und hohen Ausbringungsmengen gegenteilige Effekte nicht ausgeschlossen (Solaiman et al. 2010, Li et al. 2011). Des Weiteren wurden nach dem Einsatz von Biokohle reduzierte Lachgasemissionen⁴ und ein verminderter Nitrat- ausstrag ins Grundwasser beobachtet (van Zwieten et al. 2010, Nelson et al. 2011).

Der hohe Kohlenstoffgehalt von Biokohle – bis zu 80 Prozent – bedingt, dass Stickstoff in wesentlich geringeren Mengen zur Verfügung steht. Dadurch kann es kurzfristig zu Stickstoffmangel für Kulturpflanzen kommen, der durch andere Stickstoffquellen ausgeglichen werden muss. Während diese Funktion bei der Terra Preta von den verschiedenen eingearbeiteten Abfällen übernommen wird, finden heute meist Mischungen aus Biokohle und Kompost Anwendung. Damit sich keine Schadstoffe im Boden anreichern, muss – wie bei anderen Bodenadditiven auch – Biokohle qualitativ hochwertig sein. Die Produktion schadstoffarmer Biokohlen erfordert zum einen Schwermetallanalysen des biologischen Ausgangsmaterials, zum anderen eine kontrollierte Pyrolyseprozessführung sowie organische Schadstoffanalysen, um die Einbringung von Schadstoffen wie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und Dioxine oder Schwermetalle zu minimieren.

Schließlich ist die ökonomische Komponente der Biokohletechnologie zu berücksichtigen: Die Wirtschaftlichkeit hängt stark von der ausreichenden Verfügbarkeit

³ Mykorrhizen sind Pilze, die in Symbiose mit Pflanzenwurzeln leben.

⁴ Lachgas (N₂O) ist 298-mal treibhauswirksamer als CO₂.

organischer Reststoffe ab, deren Transport keine hohen Kosten verursachen sollte, da für die Landwirte Ausbringungsmengen von zehn bis 60 Tonnen Biokohle pro Hektar zur Diskussion stehen. Ob dies ohne entsprechende Honorierung von CO₂-Zertifikaten leistbar ist, werden die nächsten Jahre zeigen, wenn kommerzielle Pyrolyseanlagen ihre Biokohlenprodukte in großem Maßstab am Markt anbieten.

Der Wettlauf um neue Erkenntnisse

Bei vielen der beobachteten Wirkungen von Biokohle fehlt noch das Verständnis der zugrundeliegenden Prozesse und Mechanismen. Infolge der Forschungslücken im Bereich der Langzeiteffekte sowie der Wechselwirkungen mit anorganischen, organischen und biologischen Bodenkompartimenten ist in den letzten drei bis vier Jahren die Forschungs- und Publikationsaktivität rasant gestiegen. Internationale Forschungsnetzwerke wie die 2006 gegründete *International Biochar Initiative* und das von der Schweiz ausgehende *Biochar Science Network Switzerland* sowie EU-finanzierte Großprojekte⁵ werden ebenso wie zahlreiche nationale Forschungsinitiativen zu einem weiteren Anwachsen der Wissensgrundlage führen.

In Österreich forschen in dem Projekt *Biochar zur Kohlenstoffsequestrierung in Böden*, an dem die Autor(inn)en beteiligt sind, das AIT Austrian Institute of Technology, die Universität für Bodenkultur Wien, das Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft sowie Joanneum Research gemeinsam und interdisziplinär zu Fragen der Biokohle.

Zu den untersuchten Aspekten zählen die physikalisch-chemischen Eigenschaften und die Stabilität verschiedener Biokohlen, die Effekte auf Bodenfruchtbarkeit und Pflanzenwachstum, die Auswaschung von Nähr- und Schadstoffen, die Auswirkungen auf die Bodenmikrobiologie und Treibhausgasemissionen sowie die ökonomische Evaluierung von Produktion und Anwendung.

Die Analysen reichen von Labor-Inkubationsversuchen über Glashaushis bis zu Feldversuchen (Abbildung 2) und von der molekularen bis zur Bestandesebene. Die zu erwartenden Ergebnisse sollen eine Basis schaffen, um den Diskurs über das Thema Biokohle auf einer wissenschaftlich fundierten und sachlichen Ebene führen und dadurch umweltpolitische Entscheidungsgrundlagen liefern zu können.

⁵ Zum Beispiel REFERTIL: <http://refertil.info>, EUROCHAR: www.eurochar.org oder die neu gestartete Aktion TD1107 der European Cooperation in Science and Technology *Biochar as option for sustainable resource management*: www.cost.eu/domains_actions/fa/Actions/TD1107.

ABBILDUNG 2: Anlage eines Feldversuchs mit Biokohle in der Region Kaindorf, Steiermark.



Literatur

- Glaser, B., L. Haumaier, G. Guggenberger, W. Zech. 2001. The "Terra Preta" phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften* 88: 37–41.
- Glaser, B., J. J. Birk. 2012. State of the scientific knowledge on properties and genesis of anthropogenic dark earths in Central Amazonia (terra preta de Indio). *Geochimica et Cosmochimica Acta* 82: 39–51.
- Kloss, S. et al. 2012. Characterization of slow pyrolysis biochars: Effects of feedstocks and pyrolysis temperature on biochar properties. *Journal of Environmental Quality* 41: 990–1000.
- Lehmann, J., D. C. Kern, B. Glaser, W. I. Woods. 2003. *Amazonian dark earths: Origin, properties, management*. Dordrecht: Kluwer Academic.
- Li, D., W. C. Hockaday, C. A. Masiello, P. J. J. Alvarez. 2011. Earthworm avoidance of biochar can be mitigated by wetting. *Soil Biology and Biochemistry* 43: 1732–1737.
- Nelson, N. O., S. C. Agudelo, W. Q. Yuan, J. Gan. 2011. Nitrogen and phosphorus availability in biochar-amended soils. *Soil Science* 176: 218–226.
- Nguyen, B. T., J. Lehmann, J. Kinyangi, R. Smernik, S. J. Riha, M. H. Engelhard. 2009. Long-term black carbon dynamics in cultivated soil. *Biogeochemistry* 92: 163–176.
- Novak, J. M. et al. 2012. Biochars impact on soil-moisture storage in an ultisol and two aridisols. *Soil Science* 177: 310–320.
- Schmidt, M. W. I., J. O. Skjemstad, E. Gehrt, I. Kögel-Knabner. 1999. Charred organic carbon in German chernozemic soils. *European Journal of Soil Science* 50: 351–365.
- Seifritz, W. 1993. Should we store carbon in charcoal? *International Journal of Hydrogen Energy* 18: 405–407.
- Sohi, S., E. Lopez-Capel, E. Krull, R. Bol. 2009. *Biochar, climate change and soil: A review to guide future research*. CSIRO Land and Water Science Report 05/09. Clayton South, AU: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO).
- Solaiman, Z. M., P. Blackwell, L. K. Abbott, P. Storer. 2010. Direct and residual effect of biochar application on mycorrhizal root colonization, growth and nutrition of wheat. *Australian Journal of Soil Research* 48: 546–554.
- Sombroek, W. G., F. O. Nachtergaele, A. Hebel. 1993. Amounts, dynamics and sequestering of carbon in tropical and subtropical soils. *Ambio* 22: 417–426.
- Steiner, C., M. R. de Arruda, W. G. Teixeira, W. Zech. 2007. Soil respiration curves as soil fertility indicators in perennial central Amazonian plantations treated with charcoal, and mineral or organic fertilisers. *Tropical Science* 47: 218–230.
- van Zwieten, L. et al. 2010. Influence of biochars on flux of N₂O and CO₂ from ferrosol. *Australian Journal of Soil Research* 48: 555–568.
- Verheijen, F. G. A., S. Jeffery, A. C. Bastos, M. van der Velde, I. Diafas. 2010. *Biochar application to soils: A critical scientific review of effects on soil properties, processes and functions*. Luxembourg: European Commission.