

19.01.2018

Pflanzenkohle

Grundlage neuartiger Langzeitdünger

Der Klimawandel, die Degradation der Böden und die Ernährung von bald neun Milliarden Menschen zählen zu den zentralen Herausforderungen unserer Zeit. Mit Pflanzenkohle lassen sich Böden wieder fruchtbar machen. Erträge können mit biologischen Düngern gesteigert und Treibhausgasemissionen reduziert werden. Noch ist Pflanzenkohle nur wenigen bekannt, aber neue Erkenntnisse legen den Grundstein für die Entwicklung eines Pflanzenkohle-basierten Langzeitdüngers, der die Landwirtschaft revolutionieren könnte.

Als Pflanzenkohle bezeichnet man verkohlte Biomasse, die jedoch anders als Holzkohle nicht verbrannt, sondern in Landwirtschaft und Tierhaltung zum Einsatz kommt. So wird Pflanzenkohle zum Beispiel als Bodenverbesserer verwendet, um die Speicherfähigkeit für Wasser und Nährstoffe zu erhöhen, die Emission des Treibhausgases N_2O (Lachgas) zu verringern, Schadstoffe zu binden und das Pflanzenwachstum und damit die Erträge zu erhöhen. Pflanzenkohle kann aber auch in Gülle eingemischt werden, um die Geruchsbelastung und Nährstoffverluste zu reduzieren. Als Futterzugabe kann sie die Gesundheit und Produktivität von Rindern, Geflügel oder Pferden verbessern. Über die Verdauung der Tiere gelangt sie über die Ausbringung von Gülle oder frischem oder kompostierten Mist am Ende ebenfalls in landwirtschaftliche Böden [1].

Im Boden ist sie auf Jahrzehnte bis Jahrhunderte stabil und erhöht den Kohlenstoffgehalt des Bodens [2]. Damit werden jene CO_2 -Emissionen vermieden, die bei der Verrottung der Biomasse entstanden wären, wäre diese nicht zu Pflanzenkohle umgewandelt worden. Damit ist Pflanzenkohle ein Schlüssel für den Klimaschutz, da mit ihr nicht nur Emissionen vermieden werden, sondern aktiv Kohlenstoff im Boden sequestriert wird und damit ein essentieller Beitrag zum „Zwei-Grad-Ziel“ geleistet werden kann.

Herstellung

Pflanzenkohle (engl. biochar) entsteht, wenn man Biomasse, z. B. Holz, Stroh oder Trester, unter weitgehendem Ausschluss von Luftsauerstoff auf Temperaturen

zwischen 400 und 900°C erhitzt (Pyrolyse / Karbonisierung).



Im Gegensatz zur Asche, die bei gewöhnlicher Verbrennung entsteht, verfügt Pflanzekohle über einen hohen Kohlenstoffgehalt und eine poröse Struktur, die eine spezifische Oberfläche von mehreren hundert Quadratmetern pro Gramm aufweisen kann. Der Karbonisierungsprozess ist energieautonom und benötigt außer beim Anfahren der Anlage keine externe Energiezufuhr. Die notwendige Prozesswärme wird in der Regel aus der Nachverbrennung der bei der Karbonisierung entstehenden Pyrolysegase gewonnen. Darüber hinaus kann die Abwärme zur Heizung von Wirtschaftsgebäuden genutzt oder in ein Nahwärmenetz eingespeist werden.

Die deutsche Düngemittelverordnung erlaubt die Verwendung von Pflanzekohle, sofern diese aus Holz hergestellt wurde und einen Kohlenstoffgehalt von mindestens 80% aufweist. Eine umfassendere Richtlinie zur Herstellung und Prüfung von Pflanzekohle bietet das *European Biochar Certificate* (EBC) [3]. Es regelt nicht nur die möglichen Ausgangsmaterialien, sondern auch die Analysen, die jährlich von jedem zertifizierten Hersteller durchzuführen sind. Damit soll gewährleistet werden, dass die Pflanzekohle frei von Schadstoffen ist.

Der Schlüssel zum Erfolg

Pflanzekohle an sich ist kein Dünger, aber ihre besondere Struktur und Chemie macht sie zu einem Nährstoffträger. Um mit Pflanzekohle wirksam das Pflanzenwachstum zu fördern, muss sie daher in Kombination mit Nährstoffen ausgebracht werden. Ganz speziell wurde die langsame Freisetzung des wichtigen Pflanzennährstoffs Nitrat als entscheidender Mechanismus für die Wirkung von Pflanzekohle identifiziert. Nachgewiesen wurde dies erstmals bei der Kompostierung von Stallmist mit Pflanzekohle. Durch regelmäßiges Belüften dieser Kompostmischung entstand eine hochfruchtbare Komposterde, aus der für Versuche einzelne Kohlepartikel separiert wurden [4].

Die langsame Freisetzung rührt daher, dass die Pflanzekohle Stickstoff, z. B. in

Form von Nitrat, so stark zurückhält, dass es mit den üblichen analytischen Methoden (z. B. eine Stunde schütteln mit Wasser) nur noch teilweise wieder extrahiert werden kann. Kompostierte Pflanzenkohle muss über 50 Stunden in Wasser geschüttelt werden, um das während der Kompostierung aufgenommene Nitrat annähernd vollständig wieder aus den Kohleporen zu extrahieren [5]. Eine verlangsamte Freisetzung des Pflanzennährstoffs kann zwar auch erzielt werden, wenn frische, unbehandelte Pflanzenkohle mit einer nitrathaltigen Lösung beladen wird, doch wenn die Kohle zuvor kompostiert wird, bleibt das Nitrat deutlich fester und länger in den Kohleporen gespeichert [6]. Diese starke Interaktion von Nitrat und Pflanzenkohle und damit die langsame Freisetzung von Nitrat in den Boden sind gewünschte Eigenschaften, denn so kann mit nur einer Düngegabe das Pflanzenwachstum gefördert und gleichzeitig die Auswaschung von Nitrat ins Grundwasser minimiert werden.

Die organische Beschichtung

Anhand dieser Beobachtungen stellt sich die Frage, warum Pflanzenkohle nach der Kompostierung besser Nitrat speichern kann als zuvor. Dazu wurde frische und kompostierte Pflanzenkohle mit verschiedenen spektroskopischen und mikroskopischen Methoden untersucht, die eine große Bandbreite räumlicher und energetischer Auflösungen abdecken. Die Analysen umfassten unter anderem Raster-Transmissionselektronenmikroskopie, Röntgenmikroskopie, Röntgen-Photoelektronen-Spektroskopie und verschiedene Magnetresonanz-Techniken. Dank dieser Analysetechniken konnte gezeigt werden, dass sich die Pflanzenkohle durch Kompostierung lediglich an den Oberflächen verändert, während ihr Kohlenstoff-Grundgerüst weitgehend unberührt bleibt. An den äußeren und inneren Oberflächen, also auch den Oberflächen innerhalb der Poren, bildete sich eine fünf bis 200 Nanometer dicke, organische Beschichtung. Diese weist eine hohe Mikroporosität (Porendurchmesser im Nanometer-Bereich) auf, ist bezüglich ihrer Zusammensetzung dem organischen Material des Komposts ähnlich und macht die Pflanzenkohle hydrophiler, sodass Wasser besser in die Kohle eindringen kann [7]. Dank dieser Eigenschaften der organischen Beschichtung wird auch die Speicherfähigkeit für Nitrat erhöht, denn nur ein geringer Teil des Nitrats wird durch die sogenannte Anionen-Austauschkapazität, also durch direkte, elektrostatische Interaktion des Nitrat-Anions mit der Kohleoberfläche, gespeichert. Bedeutender für die Nitratbindung sind „unkonventionelle Wasserstoffbrückenbindungen“, also Bindungen zwischen Nitrat und der Pflanzenkohle-Oberfläche, die erst in Verbindung mit Wassermolekülen entstehen. Diese Bindung wird vermutlich sowohl von der mikroporösen Struktur, als auch von der Oberflächenchemie der organischen Beschichtung begünstigt [5,7].

Das Potential als Düngemittel

Aus der Untersuchung dieser Mechanismen wird ersichtlich, dass Pflanzenkohle zur Optimierung ihrer Nährstoffspeicherkapazität zusammen mit organischem Material in den Boden ausgebracht werden sollte. Die Kompostierung hat sich hier als eine sinnvolle Option bewährt. Alternativ könnte Pflanzenkohle auch direkt nach der Produktion mit gelöster organischer Substanz imprägniert werden, um so die organische Beschichtung zu erzeugen und diese dann mit Nährstoffen wie Nitrat zu beladen. Damit sind alle Voraussetzungen erfüllt, um Pflanzenkohle als Trägermatrix für einen breit anwendbaren Langzeitdünger zu verwenden. Ziel dieser neuen Generation von Düngemitteln ist es, die Auswaschungsverluste des im Boden mobilen Nitrats und gasförmige Stickstoff-Verluste wie z. B. Lachgasemissionen zu verringern, die Nährstoffe aber dennoch bedarfsgerecht an die Nutzpflanzen abzugeben. An dieser Stelle sind weitere Forschung und Entwicklung notwendig, um optimale Bedingungen für die Herausbildung funktionaler organischer Beschichtungen von Pflanzenkohlen zu erarbeiten.

Autoren

Nikolas Hagemann^{1,2}, Claudia Kammann³, Hans-Peter Schmidt⁴ und Andreas Kappler²

Zugehörigkeiten

¹Umweltanalytik, Agroscope, Zürich, Schweiz

²Zentrum für Angewandte Geowissenschaften, Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Tübingen, Deutschland

³Geisenheim University, Geisenheim, Deutschland

⁴Ithaka Institut, Arbaz, Schweiz

Kontakt

Dr. Nikolas Hagemann

Umweltanalytik

Agroscope

Zürich, Schweiz

nikolas.hagemann@agroscope.admin.ch

Referenzen:

[1] H. P. Schmidt, 55 Anwendungen von Pflanzenkohle, Ithaka Journal 2012, 1, 99-102.

[2] Y. Kuzyakov, I. Bogomolova, B. Glaser, Biochar stability in soil: Decomposition during eight years and transformation as assessed by compound-specific 14C analysis

, Soil Biology and Biochemistry 2014, 70, 229-236.

[3] EBC, European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar, European Biochar Foundation (EBC), Arbaz, Switzerland.

[4] C. I. Kammann, B. Glaser, H.-P. Schmidt, Combining Biochar and Organic Amendments, Biochar in European Soils and Agriculture: Science and Practice, S. Shackley et al. (Hrsg.) 2016, London, 136-160.

[5] C. I. Kammann, H.-P. Schmidt, N. Messerschmidt, S. Linsel, D. Steffens, C. Müller, H.-W. Koyro, P. Conte, S. Joseph, Plant growth improvement mediated by nitrate capture in co-composted biochar., Scientific Reports 2015, 5, 11080.

[6] N. Hagemann et al., Extent and kinetics of nitrate slow release by pristine, co-composted and soil-aged biochar, Manuskript eingereicht.

[7] N. Hagemann, S. Joseph, H.-P. Schmidt, C. I. Kammann, J. Harter, T. Borch, R. B. Young, K. Varga, S. Taherymoosavi, K. W. Elliott, A. McKenna, M. Albu, C. Mayrhofer, M. Obst, P. Conte, A. Dieguez-Alonso, S. Orsetti, E. Subdiaga, S. Behrens, A. Kappler, Organic coating on biochar explains its nutrient retention and stimulation of soil fertility, Nature Commun. 2017, 8, 1089; DOI: 10.1038/s41467-017-01123-0.

Fachartikel zur Lebensmittelbelastung durch Düngemittel

Kontaktieren

Eberhard-Karls-Universität Tübingen

Sigwartsstr. 10

72076 Tübingen, Baden-Württemberg

Deutschland