

Wege zu Terra Preta – Aktivierung von Pflanzenkohle

von Hans-Peter Schmidt

Pflanzenkohle ist kein Dünger, sondern vor allem ein Trägermittel für Nährstoffe sowie Habitat für Mikroorganismen. Um ihre bodenverbessernden Eigenschaften rasch und effizient zur Wirkung zu bringen, muss die Pflanzenkohle zunächst aufgeladen und biologisch aktiviert werden. Neben der Vermischung der Pflanzenkohle mit Kompost gibt es zahlreiche andere Methoden der Aktivierung und Herstellung Terra Preta ähnlicher Substrate.

Pflanzenkohle ist äußerst porös und besitzt eine enorme spezifische Oberfläche von teilweise über 300 m² pro Gramm. Aufgrund der hohen Porosität vermag die Pflanzenkohle bis zur fünffachen Menge ihres Eigengewichtes an Wasser und den darin gelösten Nährstoffen aufzunehmen. Diese Eigenschaft nennt man die Adsorptionskapazität (AK) der Pflanzenkohle, die einerseits von der pyrolysierten Biomasse und andererseits von der Pyrolysetemperatur abhängt. Im Bereich von 450° C bis 700° C entstehen Pflanzenkohlen mit der höchsten Adsorptionskapazität.

Eine weitere wichtige Eigenschaft zur Erklärung der besonderen Nährstoffdynamik der Pflanzenkohle ist die hohe Kationenaustauschkapazität (KAK). Die KAK der Pflanzenkohle ist ein Maß für die Fähigkeit, positiv geladene Ionen (Kationen) an der Oberfläche der Pflanzenkohle zu binden und bei entsprechenden Verhältnissen wieder für Pflanzen und Mikroor-

ganismen verfügbar zu machen. Die KAK hängt ebenfalls von der Oberfläche der Pflanzenkohle ab, ist aber eine chemische Größe, die durch Sauerstoff und Bodenkontakt zunimmt und erst nach einiger Zeit ihren Höchstwert erreicht. Eine hohe KAK verhindert das Auswaschen von mineralischen wie organischen Nährstoffen und sorgt insgesamt für eine höhere Nährstoffverfügbarkeit. Eine hohe KAK bindet zudem auch toxische Moleküle, wodurch das Bodenleben geschützt wird. Die hohen AK und KAK der Pflanzenkohle führen dazu, dass sich die Pflanzenkohle hervorragend als Nährstoffträger eignet. Die von der Pflanzenkohle aufgenommenen Nährstoffe wiederum führen dazu, dass Mikroorganismen ideale Lebensräume in und um die Pflanzenkohle finden, was wiederum der gesamten mikrobiellen Belebung des Bodens und damit dem Potential für Symbiosen von Mikroorganismen und Pflanzenwurzeln zugute kommt.

Prinzipien der Pflanzenkohle-Aufladung

Würde man Pflanzenkohle unbehandelt in den Boden einarbeiten, würden deren hohe Adsorptionsleistung und die wachsende KAK dazu führen, dass verfügbare Nährstoffe und Wasser im Boden von der Pflanzenkohle aufgenommen und fixiert würden. Dies wiederum würde zumindest in der Anfangszeit (einige Monate bis zu einem Jahr) und je nach Nährstoffgehalt des Bodens zur Hemmung des Pflanzenwachstums führen.

Abb. 1:

Auch mit bloßem Auge deutlich sichtbare Porosität einer Eschenholzkohle.

(Foto Andreas Thomsen)

Abb. 3 (rechts): Erde aus einem Gemüsebeet mit Pflanzenkohle-Kompost, ca. 25 cm Tiefe. Ein Regenwurm hat seinen Gang mit Pflanzenkohle-haltiger Lösung ausgekleidet. Übrigens sind Regenwürmer, wie zahlreiche Laborversuche gezeigt haben, große Liebhaber von Pflanzenkohle-Substraten. Durchmesser ca. 4 mm. (Foto Andreas Thomsen)



Um dies zu verhindern, sollte die Pflanzenkohle vor der Eintragung in den Boden:

- > mit Nährstoffen und Wasser aufgeladen werden
- > mit Mikroorganismen besiedelt werden, wodurch die fixierten Nährstoffe leichter pflanzenverfügbar werden
- > durch Oxidation gealtert werden, um die KAK vor dem Eintrag in den Boden in die Nähe ihres Maximums zu bringen.

Es gibt viele verschiedene praktikable Verfahren zur Aufladung von Pflanzenkohle und damit zur Herstellung von Terra Preta ähnlichen Bodensubstraten. Je nach Standort, Kultur, Klima, und vorhandener Technik können diese jeweils an-

gepasst und modifiziert werden. Viele dieser Verfahren sind historisch gewachsen oder entsprechen der guten landwirtschaftlichen Praxis. Es gibt kein allgemein gültiges Patentrezept (auch wenn bereits Patente angemeldet wurden...), sondern nur die folgenden grundlegenden Prinzipien:

- 1 genügend Feuchtigkeit, damit die Nährstoffe in Lösung gehen können und die Poren der Kohle sich aufladen
- 2 eine möglichst hohe Vielfalt an möglichst organischen Nährstoffen, um keinen Mangel an bestimmten Nährstoffen aufkommen zu lassen
- 3 die wichtigsten Nährstoffe für die mikrobielle Besiedlung

sind organischer Kohlenstoff und Stickstoff, welche in frischer Kohle besonders limitierend sind

- 4 das C/N-Verhältnis des Pflanzenkohle-Substrates sollte zwischen 25 und 35 liegen
- 5 die Dauer der Aufladung sollte mindestens 14 Tage betragen
- 6 Inokulation mit bodenbürtigen Mikroben durch Zusatz humusreicher Erde, Komposttee, Kompost oder durch selektierte Mikroorganismen

Abb. 2:

Der Versuch von Andreas Thomsen zeigt sehr deutlich die Bedeutung der Aufladung von Pflanzenkohle. In der oberen Versuchssreihe wurde purer Pflanzenkohlestaub in steigender Dosierung zugegeben.

In der unteren Bildreihe wurde die Pflanzenkohle zunächst 4 Monate lang kompostiert und anschließend vom Kompost gesäubert, so dass kein zusätzlicher Kompost, sondern nur die aufgeladene Pflanzenkohle in dem Versuch zum Einsatz kam. Während die reine Pflanzenkohle zu Wachstumshemmungen der Senfpflanzen führte, konnte in der Variante mit aufgeladener Kohle ein deutlicher Wachstumszuwachs verzeichnet werden (mit Dank an Andreas Thomsen). (Fotos Andreas Thomson)



Die folgenden vier Verfahren A–D stellen Beispiele für eine praktische Umsetzung der **Pflanzenkohle-Aktivierung** für landwirtschaftlich relevante Mengen dar. Alle Verfahren lassen sich auch für den Kleingarten und sogar Balkon adaptieren:

A. Pflanzenkohle mit Kompost

Die Aufladung von Pflanzenkohle durch Zusatz und Vermischung mit Kompost stellt wahrscheinlich die beste Möglichkeit zur Herstellung von Terra Preta ähnlichen Substraten dar. Im Kompost ist die mikrobielle Belebung am höchsten, die Nährstoffe sind bereits in komplexen organischen Verbindungen eingebaut und das fertige Substrat kommt dem Humus des Bodens bereits sehr nahe. Allerdings ist Kompost nicht gleich Kompost, und die meisten verfügbaren Komposte sind quali-

tativ unbefriedigend. Schlechte Komposte müssen vom Boden erst langwierig «verdaut» werden und führen zur Blockierung von Nährstoffen und zu mikrobiellem Ungleichgewicht. Wenn man sich über die Qualität des Komposts nicht sicher ist, sollte man zur Aufladung der Pflanzenkohle lieber auf eine der folgenden Varianten zurückgreifen. Guter Kompost muss eine Krümelstruktur ähnlich der von humuser Erde aufweisen und darf nicht schlecht riechen.

Am besten gibt man die Pflanzenkohle dem Kompost bereits

beim Aufsetzen der Miete im Verhältnis von 10% zur Biomasse zu, wodurch die Nährstoffeffizienz des Komposts deutlich verbessert wird (siehe Abb. 3, S. 30). Häufiges Wenden ist sowohl für die Oxigenierung als auch für die homogene Nährstoffverteilung für die Aktivität der Mikroorganismen wichtig.

Der mit Pflanzenkohle hergestellte Kompost kann nach dem Ende der Rotte wiederum zur Aufladung von weiterer frischer Pflanzenkohle dienen. Zur Aktivierung der Pflanzenkohle kann aber auch reifer Kompost verwendet werden, der nicht

Abb. 4: In einem Vorversuch am Delinat-Institut hat sich gezeigt, dass der Zusatz von Pflanzenkohle die Umsetzung der Stickstoffbindung zu stabilem und besser pflanzenverfügbarem Nitrat (NO_3^-) deutlich verbessert. Der Stickstoffverlust wird gebremst und ebenso die Emission von Treibhausgasen. In einem nächsten, umfangreicheren Versuch soll dies verifiziert und genauer untersucht werden. Ein gesonderter Artikel zum Thema des Kompostierens mit Pflanzenkohle wird demnächst in Ithaka veröffentlicht.

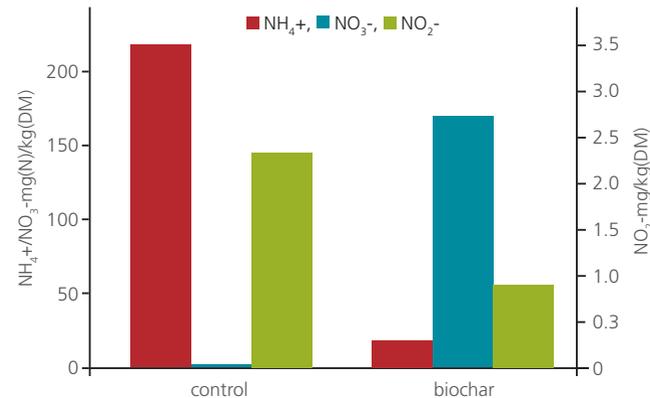


Abb. 5: Pflanzenkohle-Aktivierung nach **Methode B** auf dem südspanischen Weingut Pago Casa Gran.

mit Pflanzenkohle kompostiert wurde.

Schichten Sie die Pflanzenkohle im Volumenverhältnis von etwa 1:1 auf den reifen Kompost und feuchten Sie beides gut an. Vermischen Sie Pflanzenkohle und Kompost möglichst mit einem Kompostwender. Dieser Vorgang kann mehrmals wiederholt werden, bis das Verhältnis von 1:1 erreicht wird. Die Mischung sollte mindesten 2 Wochen vor der Einarbeitung in den Boden erfolgen und während dieser Zeit mindestens zweimal gewendet und immer gut durchfeuchtet werden.

B. Pflanzenkohle mit Viehmist

Eine Mischung verschiedener Mistarten ist einer einzelnen Mistart vorzuziehen. Es sollte auf einen möglichst hohen Strohanteil geachtet werden. Da es sich bei der folgenden Methode

nicht um eine Kompostierung handelt, sollte der Mist mindestens 1 Jahr gelagert sein. Am besten allerdings ist, wenn die Pflanzenkohle bereits im Stall als Einstreu für den Mist verwendet wird. Alternativ ist es auch möglich, die Pflanzenkohle regelmäßig in die Jauchegrube zu streuen.

Das Verhältnis Pflanzenkohle zu Viehmist sollte etwa 4 zu 1 betragen. Je nach Kultur und Nährstoffbedarf der Fläche kann dieses Verhältnis auch verkleinert werden.

- 1 Befeuchten Sie die Pflanzenkohle mit möglichst viel Wasser.
- 2 Breiten Sie die Pflanzenkohle in Streifen von etwa 120 cm Breite und einer Höhe von etwa 5 cm auf einem möglichst humusreichen Boden aus.
- 3 Breiten Sie darüber eine etwa 3 cm dicke Schicht des Viehmists aus.

- 4 Geben Sie ca. 1% Gesteinsmehl hinzu (nicht unbedingt nötig, verbessert aber die Qualität des Substrates).
- 5 Sollte der Mist nicht mit genügend Stroh versetzt sein, schichten Sie 10% Gras, Maissilage oder Grünschnitt auf.
- 6 Breiten Sie darüber eine weitere Schicht Pflanzenkohle.
- 7 Befeuchten Sie das Ganze mit möglichst viel Wasser (reichern Sie, wenn möglich, das Wasser mit Komposttee oder EM-A an).
- 8 Falls der Boden, auf dem die Mischung vorbereitet wird, zu stark verfestigt und wenig belebt ist, sollte eine Schicht fruchtbarer, belebter Erde zur mikrobiellen Besiedlung des Substrates hinzugefügt werden.
- 9 Überfahren Sie den Streifen mindestens zweimal mit einem Rotovator um das Substrat sorgfältig zu vermischen.
- 10 Halten Sie das Gemisch während 14 Tagen stets gut be-

feuchtet und durchmischen Sie es alle 3 Tage mit dem Rotovator. Die Abdeckung durch ein Flies ist zu empfehlen.

C. Pflanzenkohle mit Flüssigdüngern

- 1 Berechnen Sie die üblicherweise benötigte Menge an Mineralstoffen. Durch die Vermischung mit Pflanzenkohle wird die Auswaschung und Ausgasung der Nährstoffe deutlich reduziert, so dass sich die Düngemittelleffizienz steigert und insgesamt nur die Hälfte der konventionell berechneten Menge benötigt wird.
- 2 Achten Sie darauf, dass der Mineraldünger nicht nur die Hauptelemente N-P-K-Mg enthält, sondern eine möglichst hohe mineralische Vielfalt aufweist. Geben Sie im Zweifelsfall Gesteinsmehl hinzu.
- 3 Lösen Sie die errechnete Menge Mineraldünger in ausreichend Wasser auf.
- 4 Geben Sie über den Zeitraum von 2 Tagen soviel Pflanzenkohle hinzu, dass die Flüssigkeit vollständig von der Pflanzenkohle aufgesogen wird.

Anstatt NPK-Düngern sollten vorzugsweise organische Flüssigdünger zur Aufladung verwendet werden. So eignet sich beispielsweise Harngülle ausgezeichnet zur Aufladung von Biokohle.

Bei Variante C kommt es nicht zur mikrobiellen Besiedlung, diese geschieht erst im Boden. Im biologischen Anbau ist die Variante mit mineralischem Handelsdünger nicht gestattet.

D. Pflanzenkohle – Bokashi (Milchsaure Vergärung von Biomasse)

- 1 Vermischen Sie möglichst strohreichen Viehmist mit 10% Grasschnitt, 10% Pflanzenkohle und 1% Gesteinsmehl
- 2 Besprühen Sie die Biomasse mit einer Lösung aus 3% EM-A (Effektive Mikroorganismen) und 3% Zuckerrohrmelasse ein. (Alternativ können anstatt EM-A auch Brottrunk, Sauerkrautsaft oder ähnliche Fermente mit hoher Besiedlung an Milchsäurebakterien verwendet werden, je nach Mischung kann dies den Gärprozess verlängern.)
- 3 Verdichten Sie die Miete, indem Sie mit dem Traktor mehrfach darüber fahren.
- 4 Decken Sie die Miete mit einer luftdichten Saugfolie ab. Decken Sie das Ganze dann mit einer Schwarzfolie ab und beschweren Sie diese mit Kiessäcken. (In kleinerem Maßstab kann dies auch in geschlossenen Behältern wie Eimer, Tonnen oder Plastiksäcken durchgeführt werden.)
- 5 Entfernen Sie die Folie je nach Außentemperatur nach 14 bis 21 Tagen. Das Produkt sollte leicht milchsauer riechen!
- 6 Um eine größere Menge Pflanzenkohle zu aktivieren, kann der Bokashi nun mit bis zu 50% (vol) mit weiterer Pflanzenkohle aufgefüllt werden. (soll nur ein Terra Preta ähnliches Substrat erzeugt werden, ist diese zusätzliche Menge an Kohle nicht nötig).
- 7 Wässern und durchmischen Sie die Miete mit einem Kompostwender oder Rotovator und lasse Sie diese noch einige Tage durchlüften. Zur Inokulation mit bodenbürtigen Mikroorganismen sollte etwas frische Erde hinzugefügt werden.

Einarbeitung in den Boden

Die aktivierte Pflanzenkohle oder Terra Preta ähnlichen Substrate sollten oberflächlich in den Boden eingearbeitet werden. Falls die entsprechende Technik nicht verfügbar ist, kann das Substrat auch lediglich auf dem Boden verteilt werden. Die durch Würmer besorgte Durchmischung im Boden dauert dann etwas länger.