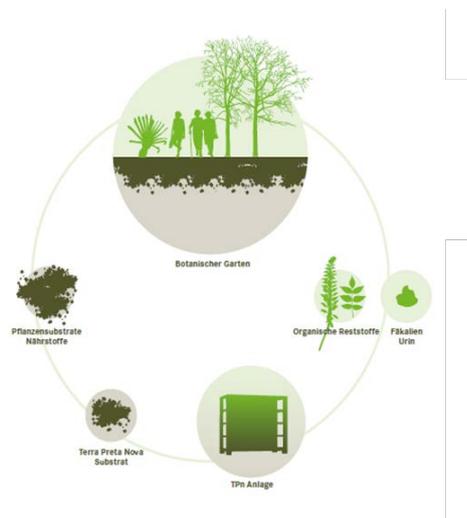


TERRABOGA Projektinformation

HERSTELLUNG VON BIOKOHLE UND BIOKOHLESUBSTRATEN IM BOTANISCHEN GARTEN BERLIN-DAHLEM

Stand März 2015



Forschungsvorhabens (FV):

Schließung von Kreisläufen durch Energie- und Stoffstrommanagement bei Nutzung der Terra-Preta-Technologie im Botanischen Garten im Hinblick auf Ressourceneffizienz und Klimaschutz – Modellprojekt Urban Farming (TerraBoGa)

Projektlaufzeit: 01.09.2010 – 30.06.2015

Förderung: TerraBoGa ist ein von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (SenStadtum) des Landes Berlin co-finanziertes Forschungsprojekt im Rahmen des Umweltentlastungsprogramms II (UEP II).

Das Projekt wird zudem aus Mitteln des Europäischen Fond für Regionale Entwicklung (EFRE) – Investition in Ihre Zukunft – gefördert.

Projektnehmer: Arbeitsgruppe Geoökologie an der FU Berlin

Projektnummer: 11260UEPII/2

Einleitung:

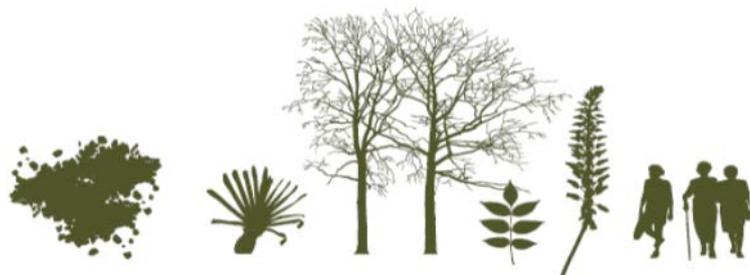
Wirtschaften nach dem Vorbild der Natur bedeutet, aus einer Entsorgungsaufgabe eine Versorgungslösung zu generieren. Diesen sogenannten Null-Emissions-Ansatz und das damit verbundene Konzept einer (fast) vollständigen Kreislaufwirtschaft wird im Botanische Garten von Berlin im Rahmen eines aus dem Umweltentlastungsprogramm (UEP II) der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt geförderten Forschungs- und Entwicklungsprojektes modellhaft umgesetzt.

Im Mittelpunkt des Projektes steht die effektive Verwertung von Rest- und Abfallstoffen im Botanischen Garten Berlin.

Der Botanische Garten Berlin beheimatet 22.000 verschiedene Pflanzenarten auf einer Fläche von über 43 ha. Das jährliche Aufkommen von pflanzlichen Reststoffen liegt im Durchschnitt bei 2.000 m³ Biomasse. Diese Biomasse setzt sich aus Grün-, Staudenrück-, Rasen- und Astschnitt sowie Stammholz, Laub und Wiesenmähd zusammen. Ein Großteil des Grünschnitts wurde entsorgt. Astschnitt wurde gehäckselt und als Mulchmaterial verwendet. Stammholz wurde als Brennholz an Selbstabholer verkauft. Demgegenüber steht ein Bedarf an ca. 250 m³ Kompost und Fertigerden (inkl. Torf), der jährlich zugekauft wird.

Durch die Schließung von Kreisläufen, mittels einer verbesserten Kompostierung und einer eigenen Biokohleherstellung, sollen im Botanischen Garten Berlin nicht nur effektiv anfallende Rest- und Abfallstoffe verwertet, sondern auch Entsorgungskosten und Kosten für den Einkauf von Kompost, Fertigerden und Düngemitteln minimiert werden. Darüber hinaus können die Karbonisierung von Dendromasse und die Verwendung von Biokohle zur Herstellung von Biokohlesubstraten einen aktiven Beitrag zur Nachhaltigkeit liefern. Die Karbonisierung stellt eine vielversprechende neue Technologie dar, die einen Beitrag zur Kohlenstoffsequestrierung bei gleichzeitiger Wärmenutzung leistet. Neben der stofflichen Verwertung der Biokohle lassen sich durch die gleichzeitige Wärmeentstehung bei der Biokohleherstellung fossile Brennstoffe substituieren, Treibhausgasemissionen vermindern und letztlich die Wertschöpfung steigern.

Definition: Unter *“TerraPreta-Technologie“* verstehen wir, den Einsatz von Biokohle zur Erzeugung hochwertiger Biokohlesubstrate. Daneben können Effektive Mikroorganismen zur Konservierung von pflanzlichen Reststoffen zum Einsatz kommen.



Karbonisierung von holzartiger Biomasse

Zur effektiven Verwertung der anfallenden Dendromasse wurde im Rahmen des TerraBoGa-Projektes eine Karbonisierungsanlage (Abb. 1) der Firma BioMaCon installiert. Die Karbonisierungsanlage dient u.a. dem Ziel, kontinuierlich Holzkohle mit hoher Qualität zu produzieren und gleichzeitig die Abwärme für die Beheizung/Kühlung eines Wirtschaftsgebäudes zu nutzen.

Die **Karbonisierungsanlage** besteht aus einem Holzhackschnitzelcontainer (Schubboden-Container), einem Biomasse-Konverter sowie einer Mahl- und Abfüllvorrichtung für Biokohle in flexiblen Schüttgutbehälter (sog. BigBags).



Abbildung 1: Karbonisierungsanlage im Botanischen Garten Berlin-Dahlem

Wesentlicher Bestandteil der Karbonisierungsanlage ist der Biomasse-Konverter (Abb. 2). Die Holzhackschnitzel werden darin sehr langsam durch einen beheizten Spiralförderer (1) geführt. Dabei verdampft das in den Hackschnitzel befindliche Wasser. Anschließend fällt die Biomasse in einen Heißgasreformer (2). Im Reformer ist die Pflanzenkohle über einen langen Zeitraum hohen Temperaturen ausgesetzt. Es wird so eine vollständige Entgasung des Rohmaterials angestrebt. Um qualitativ hochwertige Kohle herzustellen, kann optional Gas oder Dampf zugeführt werden.

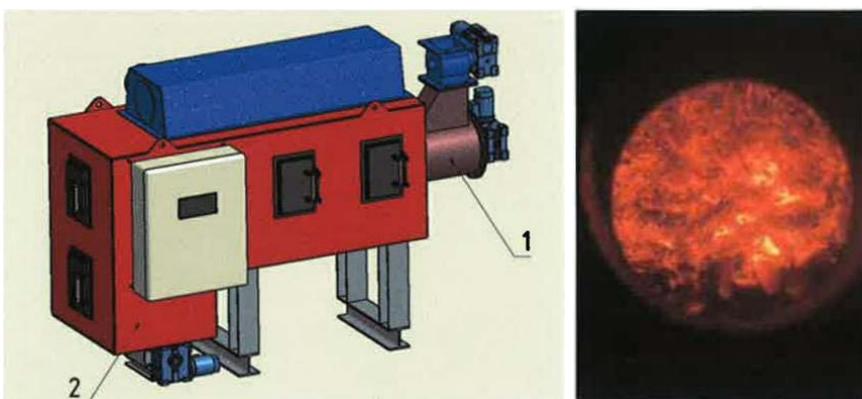


Abbildung 2: Biomasse-Konverter und glühende Pflanzenkohle im Konverter: 1) beheizter Spiralförderer, 2) Heißgasreformer (Quelle: BioMaCon)

Verfahrenstechnisch handelt es sich um einen autothermen Gleichstrom-Festbettvergaser mit einer internen Zirkulation der Pyrolyse-Schwelgase. In einem(r) oberhalb und seitlich angeordneten

großvolumigen Vergaserraum/Brennkammer werden die brennbaren Gasbestandteile (CO, H₂, CH₄) verbrannt. Die Luftzuführung für die Verbrennung erfolgt über einen Stellmotor und einen nachgerüsteten Ventilator mit Lambda geregelter Klappe. Die Verbrennungsgase werden im Unterdruckbetrieb, der durch den Saugmotor bzw. Abgasventilator erzeugt wird, durch einen Wärmetauscher geleitet und über einen doppelwandigen Schornstein abgeführt. Mit Ausnahme der Brennstoff-Zuführungsschnecke, die durch die Brennkammer geführt wird, besitzt die Karbonisierungsanlage keine beweglichen Metallteile.

Die **Dendromasse** (Astschnitt und Stammholz) wird zentral auf dem Wirtschaftshof gesammelt, gehäckselt und durch ein Vlies abgedeckt gelagert. Durch eine natürliche Konvektionstrocknung werden die Hackschnitzel vorgetrocknet. Anschließend erfolgt eine Siebung der Hackschnitzel. Die so vorbehandelten Hackschnitzel werden mit dem Radlader in den Schubboden-Container befördert. Von hier werden sie durch Fördertechnik der Karbonisierungsanlage zugeführt. Zum Anfahren der Anlage werden die Hackschnitzel mittels Gasbrenner oder Anzünder gezündet. Die Hackschnitzel können in der Anlage im Temperaturbereich zwischen ca. 450 und 900 °C zu Biokohle pyrolysiert werden. Austragschnecken befördern die Biokohle in flexible Schüttgutbehälter (sog. BigBags) zur weiteren Verwendung.

Charakterisierung hergestellter Biokohlen: Biokohle (engl. biochar) ist pyrogener Kohlenstoff (C_{pyr}), der durch hohe Temperaturen entsteht. Pyrogener Kohlenstoff ist eine wichtige Komponente der Terra Preta do indio. Bei der Pyrolyse wird im Gegensatz zur Verbrennung oder natürlichen Verrottung nur ein Teil (etwa ein Drittel) des von der Biomasse aufgenommenen CO₂ wieder an die Atmosphäre abgegeben. Mit dem Endprodukt pyrogener Kohlenstoff erschließt sich eine einfache Methode, atmosphärisches CO₂ über die Biomasse in eine stabile Lagerform zu überführen. Eine weitere wichtige Eigenschaft der Biokohle ist die poröse Struktur mit einer großen inneren Oberfläche. Daher zeigen Biokohlen ein hohes Speicherpotenzial für Nährstoffe und Wasser.

Erste Probeläufe und Herstellungsversuche (Karbonisierungstemperatur 550°C) aus im Botanischen Garten anfallenden Dendromassen haben sehr gute Ergebnisse hinsichtlich der **Biokohlequalität** geliefert (Stabilität, PAK-Gehalt (0,05 bzw. 0,053 mg/kg)) und sind vergleichbar mit anderen Pyrolysekohlen.

Aktueller Stand: Die technische Anbindung (Fernüberwachung, Wärmeabnahme) der Karbonisierungsanlage ist fertig gestellt. Derzeit laufen Untersuchungen zur Energie- und Biokohleausbeute, Karbonisierungsgrad und Biokohlequalität. Weitere Untersuchungen hinsichtlich Biokohlequalität, Energieausbeute und Emissionen in Abhängigkeit zu Hackschnitzelqualität, Karbonisierungstemperatur und Austragsmenge werden aktuell durchgeführt.

Herstellung von Biokohlesubstraten

Die bisherige Kompostierung im BG führte u.a. durch mangelnde Technik zu einem Kompost mäßiger Qualität, der durch eine nicht ausreichende Hygienisierung keimfähige Samen enthielt. Im Rahmen des TerraBoGa-Projektes wurde die Kompostierung neu strukturiert. Durch die Anschaffung u.a. eines Schredders und eines Kompostwenders wurde technisch die Voraussetzungen für eine gute Kompostierung geschaffen.

Um den Einfluss der Biokohle auf die Kompostierung und daran gekoppelten Umwelteffekte zu untersuchen, wurden verschiedene Ansätze mit und ohne Biokohle durchgeführt.

Die Verwertung der nicht holzartigen Pflanzenreste (Grün-, Staudenrück- und Rasenschnitt sowie Laub und Wiesenmahd) erfolgt mittels einer **offenen Mietenkompostierung** (Abb. 3). Die aus dem BG anfallenden Pflanzenreste werden bis zu 6 Wochen gesammelt, bis eine ausreichende Menge zur Kompostierung zur Verfügung steht. Danach werden die Materialien geschreddert und gemeinsam mit Erde, Gesteinsmehl, Bentonit und 10 - 15 Vol. % Biokohle zu kleinen Dreiecksmieten (2,50 m breit und 1,50 m hoch) aufgesetzt und gründlich durchmischt. Danach werden die Mieten mit einem atmungsaktiven Vlies bedeckt. Durch den kleinen Mietenquerschnitt und mehrmaliges Umsetzen pro Woche wird eine optimale Sauerstoffversorgung gewährleistet. Der Kompostprozess dauert i.d.R. 6 Wochen. Im Anschluss werden die Mieten zu großen Haufen zusammengefasst. Ein Reifeprozess, der bis zu 3 Monaten andauert, setzt ein. Innerhalb dieser Zeit wird der Kompost ein bis zweimal umgesetzt. Um den Eintrag von Unkrautsamen über den Luftpfad zu vermeiden, werden die Vererdungshaufen ebenfalls mit einem atmungsaktiven Vlies abgedeckt. Danach werden die fertigen Biokohlesubstrate abgesiebt und in überdachten Boxen bis zur Verwendung gelagert.



Abbildung 3: oben links: Schreddern der Inputmaterialien; oben rechts: Wässern der Biokohle; unten links: Wenden der Kompostmiete; unten rechts: fertiges Biokohlesubstrat (vor Siebung)

Um Fehlentwicklungen und damit verbundene Fäulnis zu verhindern, wird die Kompostierung regelmäßig anhand von Messungen bzgl. Temperatur, CO₂-Gehalt und Feuchtigkeit kontrolliert.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die bisher durchgeführten Untersuchungen. Zur **Substitution von Torf** wurden Ansäuerungsversuche mit Schwefelblüte durchgeführt.

Tabelle 1: Überblick Herstellungsversuche

Ansatz	Inputmaterial	Ziel
GA 2, 3, 8, 10	Grünschnitt, Rasenschnitt, Erdanteil, Kompost, teilw. Holz und Laubbeimischungen, Biokohle	Optimierung Kompostierung und Verbesserung Biokohlesubstrate
Ansäuerungsversuche	+ Schwefel, Fertiges Biokohlesubstrat	Torfsubstitution
Biokohleaktivierung (aBK)	Rasenschnitt, Urin, Biokohle	Nährstoffaufladung Biokohle

Die **Kompostversuche** mit Biokohle zeigen in den einfachen Parametern Farbe, Feuchte, Geruch und Substratstruktur im Vergleich zu Mieten ohne Biokohle deutliche Unterschiede. Die Farbe der Kohlemieten ist aufgrund der Biokohle wesentlich dunkler als die Mieten ohne Biokohle. Bei der Feuchte wirkt die Zugabe von Biokohle ausgleichend. Das bedeutet, dass am Anfang frei werdendes überschüssiges Wasser aus der Zersetzung der Biomasse von der Biokohle aufgenommen wird und damit einer Vernässung der Miete entgegengewirkt wird und somit der Kompostierprozess verbessert wird. Der Geruch der Kompostmiete mit Kohle ist relativ neutral. Bei der Fingerprobe fühlten sich die Varianten mit Kohle ebenfalls besser an. Es ist eine krümeligere Struktur wahrnehmbar.

Die Feuchtrohdichte kann durch die Zugabe von Biokohle reduziert werden. Die Mitkompostierung von Biokohle könnte sich somit, über die Verringerung der Feuchtrohdichte, positiv auf die **Treibhausgas (THG)-Bilanz** auswirken.

Die so nach mehreren Wochen erhaltenen hygienisierten, biologisch stabilisierten und fraktionierten Fertigkomposte (**Biokohlekomposte/substrate**) werden nach den Parametern der Bundesgemeinschaft Kompost e.V. untersucht und bewertet. Der Einfluss der Biokohle zeigt sich tendenziell bei den Parametern pH, WHKmax, Rohdichte, Salzgehalt und organische Substanz bzw. Kohlenstoffgehalt. Der pH-Wert, die WHKmax und der Kohlenstoffgehalt werden durch die Mitkompostierung von Biokohle tendenziell erhöht. Feuchtrohdichte und Salzgehalt werden tendenziell reduziert. Die Nährstoffe (N, P, K) der Komposte mit und ohne Biokohle unterscheiden sich weder in den Gesamtgehalten noch in den verfügbaren Anteilen voneinander.

Zur Überprüfung des Einflusses der Biokohle auf die **frühe Pflanzenentwicklung** wurden Keimtests mit Kresse (*Lepidium sativum*) und Chinakohl (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*) durchgeführt. Für die hergestellten Biokohlekomposte ergibt sich im Vergleich zwischen Kompost mit und ohne Biokohle kein durchgehend gleiches Bild. Die mitkompostierte Biokohle zeigte in den Versuchen sowohl geringe fördernde wie hemmende Effekte.

Die Ergebnisse zum **Freisetzungverhalten** zeigen einen positiven Einfluss der Biokohle auf das Nährstofffreisetzungverhalten von Komposten. Die Wirkung der Co-kompostierten Biokohle führt zu einem Nährstoffrückhalt von bis zu 40% des Gesamtgehaltes der Makronährstoffe im Kompost. Sehr interessant ist die erheblich reduzierte Nitrat-Auswaschung bei der Biokohleapplikation, was auf eine

erhöhte Sorption an die Biokohle hindeuten könnte. Vor allem in den gealterten (gelagerten) Biokohlesubstraten führt die Biokohle zu einer deutlichen Reduzierung der Nährstofffreisetzung.

Die Alterung der Biokohle (Oxidation der Außenflächen, biologische Besiedlung) hat scheinbar einen entscheidenden Einfluss auf den Stickstoffrückhalt und N-Verfügbarkeit für Pflanzen.

Die **Absäuerung** der Biokohlekomposte mit Schwefel führte zu pH-Werten im Bereich von Torf. Die laufenden Pflanzversuche zeigen bisher ein sehr gutes Ergebnis.

Durch die erfolgreiche Verbesserung der Eigenkompostierung, können mittlerweile die vorher eingekauften Komposte zu 100% ersetzt werden. Auch die Reduzierung des Torfeinkaufs wäre möglich.

Aktueller Stand: *Letztes Jahr wurde ein weiterer Kompostiersversuch in Zusammenarbeit von FU Berlin, TU Berlin und dem IGZ in Großbeeren durchgeführt, um den Einfluss der Biokohle auf die Emissionen von Treibhausgasen bei der Kompostierung durch die Untersuchung der Porenluft (mittels Lanzen) und der Ausgasungen (mittels Haubentechnik) zu erfassen. Dabei zeigte die Biokohle einen positiven Einfluss auf die Emissionen von Treibhausgasen. Im Vergleich zu einer Kompostierung ohne Biokohle-Applikation zeigt die Anwendung von Biokohle in den meisten Fällen eine Reduzierung von Methan, Ammoniak und Lachgas.*

Im Labor werden weitere Untersuchungen zur Nährstoffauswaschung durchgeführt. Zur Überprüfung des Einflusses der Lagerung auf die hergestellten Komposte werden zum Vergleich mit den dargestellten Ergebnissen erneut chemisch-physikalische Parameter erhoben.

Karbonisierungsanlage

Kontakt: Dipl.-Ing. Ullrich Suer

Email: us@biomacn.com

Projektinformationen

Webseite: www.terraboga.de

Kontakt: Dr. Robert Wagner

Email: rowagner@zedat.fu-berlin.de