

Zur ökonomischen Bewertung von Biokohlesubstraten

Terra Preta zwischen Hype und Hoffnung

Die Schwarzerde Terra Preta kann zu einer Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit führen und dient als Kohlendioxidspeicher. Wie erfolgreich das Biokohlesubstrat ist, hängt von den lokalen Bodenbedingungen und Stoffkreisläufen und wirtschaftlichen Faktoren ab (1).

Von Stefanie Trabelsi und Stefan Zundel unter Mitarbeit von Karsten Schatz

Dem Biokohlesubstrat, das unter dem Namen Terra Preta populär geworden ist, wird eine ganze Reihe ökologischer Vorteile zugesprochen (2): Es dient einer Beschleunigung der Humusbildung auf devastierten Flächen; es ist alternativer Entsorgungsweg für organische Abfälle, die anderweitig nur schwer oder gar nicht verwertet werden können; Terra Preta kann die Bodenfruchtbarkeit erheblich erhöhen; und Terra Preta dient als Kohlendioxid-Senke (CO₂). Und schließlich kann die Schwarzerde als integraler Bestandteil regionaler Stoffkreisläufe gesehen werden, in denen die regionale Wertschöpfung erhöht wird (für eine gute Übersicht siehe Gerber 2009). Allerdings gibt es auch vereinzelt kritische Stimmen (Görisch 2006).

Zur Frage, ob und unter welchen Bedingungen der Einsatz von Biokohlesubstraten wirtschaftlich ist, gibt es hingegen nur spärliche Untersuchungen, vor allem in der angelsächsischen Literatur unter der Bezeichnung Biochar (englisch für Biokohle) (unter anderem Lal 2004, Lehmann 2007, Cheng et al. 2008). Eine umfassende vergleichende Untersuchung, die in Form von Szenarien die Wirtschaftlichkeit von Terra Preta abhängig von der Produktionstechnologie und den lokalen Einsatzbedingungen untersucht, ist uns bislang nicht bekannt. Erste Ergebnisse unserer ökonomischen Untersuchungen sollen im Folgenden vorgestellt werden.

Zunächst wird in die Herstellungstechnologie und die „Produktfamilie“ Terra Preta eingeführt. Dann stellen wir einige potenzielle Geschäftsfelder vor und diskutieren abschließend einige ökonomische Bedingungen, die als Treiber oder als Hemmnisse für eine Einführung dieser Technologie angesehen werden können.

Terra-Preta-Substrate bestehen aus nährstoffreichen, organischen Stoffen sowie Biokohle mit bis zu 85 Prozent ligninhaltigem Material, das dem Substrat ausreichende Erdigkeit verleiht. Ausgangsstoffe sind Grünschnitte, Stroh oder auch Hackschnitzel. Weitere wichtige Materialien von Terra-Preta-Substraten sind Mineral- und Nährstoffe sowie Zuschlagsstoff-

fe wie Bentonit. Das Tonmineral weist eine hohe Wasseraufnahmefähigkeit und große Oberflächenstruktur auf, was die Bildung von komplexen Ton-Humus-Strukturen begünstigt. Schließlich komplettieren Mikroorganismen wie Milchsäure- und Photosynthesebakterien sowie Hefen das Gemisch, die vor allem der Milchsäurefermentation unter anaeroben Bedingungen dienen.

Was ist Terra Preta?

Der entscheidende Unterschied von Terra-Preta-Substraten zu handelsüblichen Bodenverbesserungsmitteln oder Düngern ist die Verwendung von Bio- oder Holzkohle. Im Prinzip ist Biokohle der konventionellen Holzkohle sehr ähnlich. Als Ausgangsstoffe dienen unterschiedlichste holzartige Materialien wie Grünschnitte und Stroh, aber auch organische Bioabfälle und Klärschlämme. Die Biokohle ist im Gegensatz zu den Braun- und Steinkohlen CO₂-neutral. Bei einer energetischen Nutzung wird hier lediglich das von den Pflanzen aufgenommene CO₂ wieder freigesetzt (Schweizer 2010). Ein charakteristisches Merkmal der Biokohle ist die poröse Oberflächenstruktur, in der Nährstoffe leicht anhaften und gespeichert werden. Die schwammartigen Strukturen fungieren als Wasserspeicher und Siedlungsraum für Mikroorganismen. So kann unter Einsatz der Biokohle eine stabile Bodenbiologie geschaffen werden, die den entscheidenden Vorteil von Terra Preta darstellt (Schmidt 2011).

Die Herstellungstechnologie und Produktfamilie der Terra Preta

Der Herstellungsprozess von Terra-Preta-Substraten beruht auf einer geschickten Kombination von bereits bekannten Verfahren. Die grundsätzlichen Schritte sind die Pyrolyse (die thermo-chemische Spaltung organischer Verbindungen) und die Fermentation der organischen Substanzen. Nach etwa sechs Monaten ist sämtliche Organik im beschriebenen Gemisch vererdet und der Herstellungsprozess abgeschlossen (Fischer 2010). Ein möglicher ökologischer Vorteil in der Pyrolyse ist die Verwendung von Reststoffen als Inputstoff. So können Stoffe, die anderweitig nicht oder nur unter unverhältnismäßig hohen Kosten genutzt werden können, verwertet werden. Gülle, Grünschnitte, Bioabfälle oder auch Gärreste erfahren so eine weitere Wertschöpfungs- oder Veredlungsstufe.

Die Verfahrensschritte der Terra-Preta-Produktion veranschaulicht Abbildung 1. Je nach Gewichtung der Inputstoffe ent-

stehen dabei organische Dünger, Bodenhilfsstoffe und Kultursubstrate. Die Produktfamilie deckt damit ein großes Spektrum an Anwendungsgebieten ab, von der Landwirtschaft über den Einsatz in der Rekultivierung devastierter Flächen bis hin zur Blumenerde für Klein- und Hobbygärtner.

Potenzielle Geschäftsfelder

Die Geschäftsfelder sind vielfältig: Die Technologie erlaubt die Verwertung von bislang ungenutzter Biomasse; die Herstellung von Pflanzenkohle allein bzw. die Herstellung von Pflanzenkohlesubstraten sind weitere Geschäftsfelder. Dazu kommen die möglichen Anwendungen: die Herstellung von Dünger und Kultursubstraten für den privaten Gebrauch und für Gärtnereien, die Nutzung in der Landwirtschaft, die Rekultivierung von ertragsarmen oder devastierten Böden; und schließlich kann sich auch aus der CO₂-Immobilisierung ein Geschäftsfeld entwickeln. Die ökologische Idealvorstellung besteht darin, dass viele dieser Geschäftsfelder im Rahmen eines regionalen Stoffkreislaufes miteinander kombiniert werden. Ökonomisch verbindet sich damit die Hoffnung, dass auf diese Weise auch regionale Wertschöpfungspotenziale (wieder-)erschlossen werden.

Einige mögliche Ausprägungen der skizzierten Geschäftsfelder sollen im Folgenden ohne Anspruch auf Vollständigkeit diskutiert werden.

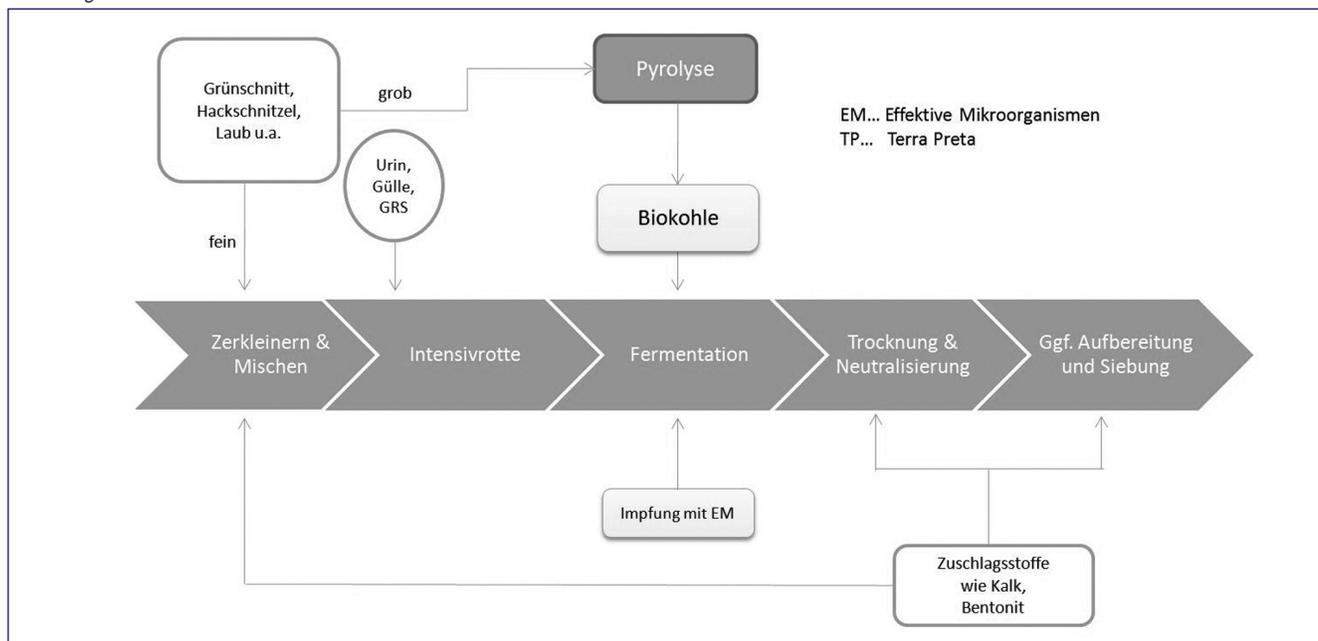
Verwertung von Biomasse: Die Grünschnittsorgung ist zum jetzigen Zeitpunkt in den untersuchten Kommunen in der Regel ein Kostenfaktor. Die Schnitte werden nicht weiterverarbeitet, sondern ausschließlich gelagert und verrotten mit der Zeit (Böhmer et al. 2011). Ähnliche Szenarien finden sich in der

Abfall- und Abwasserwirtschaft wieder. Nährstoffreiche Substanzen wie Müll und Klärschlämme werden zumeist verbrannt und nicht stofflich verwertet. Die Integration dieser Ressourcen in die Stoffkreisläufe zur Herstellung der Terra Preta könnte genutzt werden, um unnötige CO₂-Emissionen, die bei Verbrennung und aerober Verrottung entstehen, zu vermeiden.

Ebenfalls wirtschaftlich interessant ist die Veredlung der Gärreste von Biogasanlagen zu Terra-Preta-Substraten. Generell liegt das Problem der Nutzung von Gärresten als Dünger in der schnellen Verflüchtigung und Auswaschung der Nährstoffe im Boden. Durch die Biokohle im Terra-Preta-Substrat werden die Nährstoffe besser gebunden und langsamer freigesetzt. Dadurch verbessern sich die Düngeeigenschaften der Gärreste. Die Ausbringung veredelter Gärreste könnte damit möglicherweise auch in höherer Konzentration und während der Sperrfristen erfolgen (vgl. § 4 Abs. 5 Düngeverordnung). Ein zweiter Vorteil ist die Hygienisierung der Gärreste während der Fermentationsstufe. Durch die hohen Temperaturen werden pathogene Bakterien abgetötet, die gesundheitsgefährdenden Stoffe auf ein unwirksames Maß verringert und Infektionsketten unterbrochen. Die Verwertung ungenutzter Biomasse führt zu einem Vorteil gegenüber konventioneller Kompostierung, weil ein Teil der Kompostmasse durch Biokohle (15 – 30 Prozent) substituiert wird, bei der für die Beschaffung der Inputstoffe wenig oder gar nichts bezahlt werden muss.

Die Produktion von Terra-Preta-Substraten und ähnlichen Produkten geschieht in vielen verschiedenen Varianten. Die mögliche Bandbreite reicht von Kleinanlagen, die im Prinzip aus vier Behältern in der Größe von 1 x 1 Meter bestehen, bis zu großen Produktionsanlagen, in denen tausende von Ton-

Abbildung 1: Verfahrensschritte der Produktion von Terra-Preta-Substraten



Quelle: Eigene Darstellung

„Vermutlich kann jeder Terra Preta herstellen; aber keineswegs jeder dürfte in der Lage sein, ein wirklich hochwertiges Produkt zu erzeugen.“

nen verarbeitet werden können. Ferner umfasst das Spektrum Lowtech-Lösungen, die aus nicht viel mehr als mehreren Haufen auf einer Betonplatte bestehen, bis zu Hightech-Lösungen mit hochgradig integrierter Kreislaufführung von Stoffen und Energien (zum Beispiel der Hengstbacher Hof (3)). Die Herstellung von Terra Preta, das zeigt die Praxis jedoch eindeutig, ist mit einfachen Mitteln möglich.

Deutlich spezifischer ist das Know-how der Anlagenführung, zu dem solche Fragen gehören wie, welche Stoffe zugeschlagen werden müssen, mit welchen Dosierungen insbesondere die Biokohle beigemischt werden soll und wie sich die Qualität der Inputstoffe auf das Ergebnis auswirkt. Im Prinzip gilt auch hier: Es kann vermutlich jeder Terra Preta herstellen, der sich ein wenig in die Literatur einliest und einen grünen Daumen hat; aber keineswegs jeder dürfte in der Lage sein, ein wirklich hochwertiges Produkt zu produzieren.

Als Dünger oder als Kultursubstrat kann Terra Preta über das Internet oder in Baumärkten vermarktet werden. In diesem Marktsegment können hohe Margen erzielt und damit eine investitionsintensive Produktionsanlage interessant werden, die für eine besonders hohe Qualität bürgt. Marktanalysen haben gezeigt, dass Terra-Preta-Kultursubstrate im gleichen Preissegment wie andere torffreie Kultursubstrate angesiedelt werden können. Bodenhilfsstoffe und Dünger auf Terra-Preta-Basis unterbieten die konventionellen organischen Produkte sogar (Trabelsi 2011).

Angesichts hoher Margen in diesem Marktsegment könnte hier auch mit einer investitionsintensiven Anlage, die qualitativ besonders hochwertige Terra-Preta-Substrate erzeugt, operiert werden. Allerdings ist das auch eine Einladung an die Do-it-Yourself-Bewegung, es kostengünstiger selber zu versuchen.

Folgende der Terra Preta zugesprochene Eigenschaften machen die Substrate vor allem für die Landwirtschaft interessant: eine erhöhte Wasserspeicherbarkeit, der Aufbau stabiler Humusverbindungen, eine erhöhte Ertragsfähigkeit des Bodens und eine hohe Kationenaustauschfähigkeit (Glaser 2010). Dabei sind die notwendigen Inputmaterialien gerade in der Land-

wirtschaft oft bereits vorhanden. Fäkalien wie stickstoffhaltiger Hühnerkot dienen als nährstoffreicher organischer Input. Bei der Ernte anfallende Pflanzenreste werden als ligninhaltiges Ausgangsmaterial in der Terra-Preta-Produktion weiterverwendet. Einzig die Biokohle und gegebenenfalls die effektiven Mikroorganismen müssten zugekauft werden, sofern nicht eine eigene Pyrolyse-Anlage oder eine hydrothermale Anlage betrieben wird.

Rekultivierung ungenutzter Flächen

Neben der landwirtschaftlichen Nutzung stellt die Rekultivierung eine weitere Anwendungsmöglichkeit für die großflächige Ausbringung von Terra-Preta-Substraten dar. Innerhalb des Forschungsverbundes „LaTerra“ werden derzeit die Effekte von Terra Preta sowohl auf ehemaligen Tagebaufolgelandschaften durch das Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften (FIB) als auch auf militärischen Konversionsflächen durch die Freie Universität Berlin untersucht.

Bis heute wurde allein in der Lausitz im Osten Deutschlands eine Fläche von 830 Quadratkilometern durch den Braunkohletagebau zerstört. Diese Fläche gilt es zu rekultivieren. Die humusaufbauende Wirkung von Terra Preta ist ideal, um den nährstoffarmen Kippflächen die Basis für eine spätere Nutzung zu verschaffen. Bisher werden diese Flächen in erster Linie durch die Gabe von Stickstoff auf die landwirtschaftliche Bewirtschaftung vorbereitet. Insofern die Forschungsergebnisse den gewünschten Effekt bestätigen, ist zu prüfen, inwiefern Terra Preta in Zukunft der zentrale Bestandteil des Rekultivierungsprozesses werden kann. Das Ziel muss im nachhaltigen Aufbau einer stabilen Humusschicht bestehen.

Die militärischen Konversionsflächen nehmen in Brandenburg eine Fläche von 120.000 Hektar ein. Diese Flächen sind aufgrund von Kontamination mit polyzyklischen, aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und Mineralkohlenwasserstoffen (MKW) nicht oder nur eingeschränkt nutzbar. Viele bereits infrastrukturell schwache Regionen verlieren aufgrund dieser unattraktiven, brachliegenden Flächen zusätzlich an Potenzial. Ziel ist es, den Abbau der Schadstoffe durch Terra-Preta-Substrate zu beschleunigen und die Flächen dadurch in eine Nutzung zurückzuführen. Als mögliche Szenarien nach der Dekontamination sind der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen (NaWaRo) oder die anschließende Nutzung der Liegenschaften für die Errichtung von Solar- oder Windparks vorstellbar.

Ökonomische Treiber und Hemmnisse

Für viele Protagonisten der Terra-Preta-Bewegung ist die Schwarzerde ein öffentliches Gut, das allen interessierten Nutzer(inne)n umsonst verfügbar gemacht werden sollte, um durch ein niederschwelliges Angebot eine möglichst schnelle Verbreitung und damit auch einen schnellen ökologischen Fortschritt sicherzustellen. Demgegenüber gibt es aber auch Firmen wie Palaterra, die einen anderen Weg beschreiten. Hier wird durch

Patentschutz und Markenbildung versucht, Nutzungsrechte und Know-how zu privatisieren. Die Verfechter(innen) einer Privatisierungslösung argumentieren, dass sich dadurch Qualitätssicherung und Entwicklung besser finanzieren ließen.

Letzten Endes wird diese Kontroverse durch die Praxis auf den Märkten entschieden und da zeigt sich schon jetzt, dass sich niemand daran hindern lässt, Pflanzenkohlesubstrate herzustellen und diese Substrate Terra Preta zu nennen, wenn ihm der Sinn danach steht. Allerdings wird auch auf die Protagonisten der Open-Source-Bewegung die Frage zukommen, wie sie die Qualität des Produktes sichern wollen. Denn je mehr sich die Bewegung ausbreitet, desto mehr besteht auch die Gefahr, dass durch inkompetente Trittbrettfahrer die Idee in Verruf gebracht wird. Ähnlich wie bei Komposten gibt es und sollte es auch eine Diskussion um Qualitätsstandards für Pflanzenkohlesubstrate geben und hier können durchaus (geschützte) Markenprodukte ihre Existenzberechtigung haben.

Für die Wirtschaftlichkeit der Produktion von Terra-Preta-Substraten haben diese Überlegungen Folgen: Mit der großen Variationsbreite der Verfahren schwanken auch die Herstellungskosten ganz erheblich. Führt man die Produktion der Substrate auf eine einfache, aber qualitativ noch vertretbare Weise durch, dürften sich die Produktionskosten auf etwa 70 Euro pro Tonne Substrat belaufen. Dabei werden unter anderem folgende Annahmen gemacht:

Schwierige Wettbewerbsbedingungen für Terra Preta

Von der zu bestellenden Gesamtfläche von 60 Hektar wird ein Drittel der Fläche pro Jahr mit Terra-Preta-Substrat bestellt. Grund für diese Aufteilung ist die Düngemittelverordnung, welche pro Hektar 30 Tonnen Düngemittel verteilt über drei Jahre zulässt. Desweiteren wird das Vorhandensein einer 2.000 Quadratmeter großen Betonfläche, eines Radladers und eines Gerätes zur Aufbringung des Substrates, wie ein Festmiststreuer, angenommen. Wenn außerdem eine regionale Biokohleproduktionsanlage vorhanden ist, liegen die Beschaffungskosten von Biokohle weit unter den üblichen Marktpreisen von 550 Euro pro Tonne, die hier mit einem Anteil von 15 Prozent am Terra-Preta-Substrat kalkuliert wird.

Nimmt man dagegen eine High-Tech-Variante einer Anlage, die auf einer grünen Wiese erbaut wird, kann man bei ca. 140 Euro pro Tonne landen. In der Beispielsberechnung werden dabei vergleichende Annahmen wie im eben genannten Szenario getroffen. Diese Kosten variieren natürlich mit einigen Annahmen wie zum Beispiel denen über die Kosten der Inputstoffe, der notwendigen Investitionen insbesondere in eine Pyrolyse-Anlage und deren Auslastung, die Transportaufwendungen und die nötige Arbeitszeit und deren monetäre Bewertung.

Eine naheliegende Möglichkeit, Terra-Preta-Substrate zu bewerten, ist der Vertrieb über Baumärkte oder das Internet. Die Benchmark für Dünger und Kultursubstrate liegt zwischen 2,30 Euro und vier Euro pro Kilogramm (Trabelsi 2011: 76). Terra-

„Ähnlich wie bei Komposten gibt es und sollte es auch eine Diskussion um Qualitätsstandards für Pflanzenkohlesubstrate geben.“

Preta-Substrate können diese Benchmark unterbieten, selbst dann, wenn sie im Rahmen eines verhältnismäßig aufwendigen Verfahrens hergestellt werden.

Die Benchmark für eine wirtschaftliche Bewertung in der Landwirtschaft sind die Kosten der mineralischen bzw. organischen Düngung. Sie belaufen sich auf 25 bis 30 Euro je Kubikmeter bzw. 50 bis 60 Euro pro Tonne (Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH). Die Kosten von individuell kalkulierten Herstellungsprozessen von Terra-Preta-Substraten dürften etwa fünf bis zehn Euro pro Kubikmeter bzw. 20 bis 30 Euro pro Tonne über diesen Werten liegen (eigene Berechnungen). Diese Angaben zur Kostendifferenz variieren natürlich mit den je nach Bodengegebenheiten und Fruchtfolgen erforderlichen Ausbringungsmengen und können daher nur als grober Anhaltspunkt gewertet werden. Diese Kostendifferenz kann sich noch einmal deutlich zugunsten von Terra Preta verschieben, wenn es gelänge, den teuersten Teil der Produktion, die Herstellung der Pflanzenkohle, mit der Erzeugung von Energie zu koppeln und die Vergütungssätze in Anspruch zu nehmen, die der Gesetzgeber aktuell für die Erzeugung von Energie aus Biomasse in Aussicht stellt. Dafür gibt es verfahrenstechnische Ansätze, die allerdings noch in den Kinderschuhen stecken. Aus der Perspektive des nutzenden Landwirtes muss die Kostendifferenz also einsteilen durch Mehrerträge, durch CO₂-Gutschriften oder Wertsteigerungen der Flächen in Folge einer ökologischen Aufwertung kompensiert werden.

Mehrerträge vor allem bei sauren Böden

Inwieweit sich Mehrerträge gegenüber einer konventionellen Landwirtschaft oder der herkömmlichen Kompostierung realisieren lassen, lässt sich nicht in generalisierender Weise fruchtfolgen- und bodentypübergreifend beantworten. Auch die Inputstoffe für Terra Preta können den Ertrag beeinflussen. Eine aktuelle Metastudie kommt zu dem Ergebnis, dass die Mehrerträge in einer Bandbreite von -28 Prozent bis +39 Prozent variieren und dass im Mittel ein statistisch signifikanter Zuwachs von zehn Prozent zu sehen ist (Jeffery et al. 2011). Mehrerträge fallen vor allem bei der Anwendung auf eher sauren Böden und bei grobkörnigen Texturen des Bodens an. Hier gibt es je- →

„Der in der Terra Preta enthaltene Biokohleanteil hat das Potenzial, CO₂ über Hunderte von Jahren im Boden zu speichern.“

doch noch erheblichen Forschungsbedarf und damit bleibt dem anwendenden Landwirt einstweilen auch ein ernstzunehmendes wirtschaftliches Risiko.

Das Potenzial zur Kohlenstoffsequestrierung ist ebenfalls ein Argument für die Terra Preta. Der in der Biomasse enthaltene Kohlenstoff, der zuvor durch die Photosynthese der Pflanzen in Form von CO₂ der Atmosphäre entzogen wurde, wird pyrolytisch in der Biokohle gebunden und als Terra Preta in den Boden eingebracht. Auch das hydrothermale Verfahren bietet solch ein Potenzial. Lehmann und Glaser vermuten, dass der in der Terra Preta enthaltene Biokohleanteil das Potenzial hat, CO₂ langfristig über Hunderte Jahre in Form von stabilen Kohlenstoffstrukturen im Boden zu speichern (Lehmann 2007 und Glaser 2010). Damit könnten theoretisch mit jeder Tonne Grünschnitt bis zu 500 Kilogramm Kohlendioxid in Form von Kohlenstoff im Boden gespeichert werden (Schmidt 2010).

Würde dieses Potenzial im europäischen Kohlendioxid-Zertifikatesystem berücksichtigt, wäre das ein geldwerter Vorteil der Terra-Preta-Produktion. Aktuell ist dies noch nicht der Fall. Immerhin ist es Landwirten aus Österreich aber gelungen, Zertifikate in einem freiwilligen System zu verkaufen (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND) und Verein Ökoregion Kaindorf).

Geldwerter Vorteil – Kohlendioxidsenke

Eine grobe Vorstellung von den Dimensionen dieser geldwerten Vorteile liefert die folgende Überlegung: Es werden 30 Tonnen Terra-Preta-Substrat pro Hektar eingebracht. Eine Tonne entspricht etwa einem Kubikmeter. Der Biokohleanteil am Substrat beträgt 15 oder alternativ 30 Prozent. Wenn man davon ausgeht, dass die Biokohle aus Grünschnitt hergestellt wird und in einer Tonne Grünschnitt 500 Kilogramm Kohlendioxid gebunden sind, kommt man über einige Umrechnungsschritte zu dem Ergebnis, dass auf diesem Wege knapp 3,5 Tonnen Kohlendioxid pro Hektar über die Biokohle in den Boden eingebracht werden. Wenn man die positiven externen Effekte des

vermiedenen CO₂ mit 50 Euro bewertet, dann entspräche das einem monetären Vorteil von 175 Euro pro Hektar.

Allerdings ist bei diesen Überlegungen Vorsicht geboten. Wie lange das CO₂ im Boden bleibt, ist nicht abschließend geklärt. Auch die Nebenwirkungen von anhaltenden und großflächigen Ausbringungen von Pflanzenkohlesubstraten auf Böden müssen noch geklärt werden (Kammann 2011).

Ebenfalls als geldwerter Vorteil müsste die langfristige Verbesserung der Bodenqualität berücksichtigt werden. Der beschleunigte (Wieder-)aufbau einer intakten Humusschicht ist schließlich die „eigentliche“ ökologische Leistung von Terra-Preta-Substraten. Diese Leistung spiegelt sich teilweise in den Bodenpunktwerten und führt dann auch zu Differenzialen in den Verkaufspreisen der Böden. Allerdings gibt es gute Gründe für die Vermutung, dass diese langfristige Verbesserung der Böden allenfalls teilweise in den Marktpreisen der Böden abgebildet wird.

Zusammenfassung und Ausblick

Terra Preta kann aus betriebswirtschaftlicher Perspektive als ein Veredelungsprozess von Komposten aufgefasst werden. Ein solcher Prozess verursacht zusätzliche Kosten und die müssen sich im Prinzip durch zusätzliche geldwerte Effekte gegenüber dem Kompost rechnen. Diese Effekte können sein: ein erhöhter Konsumnutzen in Gestalt höheren Pflanzenwachstums durch die Anwendung von Dünger oder Kultursubstraten in der privaten Anwendung und im Gartenbau, Ertragssteigerungen in der landwirtschaftlichen Produktion, die Verbesserung der Bodenqualität – insbesondere der Humusbilanz – und eine damit einhergehende Wertsteigerung der Böden, die Inwertsetzung bislang ungenutzter Biomasse und schließlich eine mögliche CO₂-Immobilisierung. Betriebswirtschaftlich muss gelten, dass der Zukauf von Biokohle, die Beimengung dieser Kohle zu den Komposten, die Zumischung von Tonerden und die Durchführung eines Fermentationsprozesses (Bokashi) durch diese Effekte kompensiert oder gar überkompensiert werden. Die im vorigen Abschnitt angestellten Überlegungen legen die Vermutung nahe, dass Terra-Preta-Substrate nicht viel teurer sind als konventionelle Methoden der Bodenbearbeitung, allerdings sind die geldwerten Vorteile des Verfahrens wie etwa im Falle der vermuteten Ertragssteigerung oder der CO₂-Immobilisierung noch nicht hinreichend monetär abgebildet (CO₂-Immobilisierung und Verbesserung der Bodenqualität). Das schränkt die praktische Anwendung einstweilen auf ökologische Überzeugungstäter und besondere Anwendungsfälle, in denen sich weitere geldwerte Zusatznutzen realisieren lassen, ein – zum Beispiel wenn die Terra-Preta-Erzeugung mit der Produktion von Strom oder Wärme gekoppelt wird.

Problematisch ist, dass es sehr lange dauert, positive Effekte nachzuweisen. Der systematische Nachweis von Ertragssteigerungen erfordert in der Regel eine größere Reihe von Vegetationsperioden, um störende klimatische oder andere Son-

derfaktoren auszuschalten; der Nachweis der Verbesserung der Bodenqualität lässt sich letztlich erst in Jahrzehnten zweifelsfrei führen; und die vermutete Immobilisierung von CO₂ auf diesem Weg lässt sich ohnehin nur indirekt und nicht abschließend beweisen. Die Terra-Preta-Substrate haben also noch eine gewisse Durststrecke zu überwinden, bis sie sich in größerem Stil durchsetzen können. Bis dahin sind die Terra-Preta-Substrate auf ökologische Überzeugungstätter und staatliche Hilfen angewiesen.

Anmerkungen

- (1) Die vorgestellten Ergebnisse stammen aus dem „Querschnittsprojekt 1: „Der Einsatz von Terra Preta in ausgewählten Regionen – Analysen, Bewertungen und Empfehlungen für ein regionales Stoffstrommanagement“, das von der Hochschule Lausitz und dem Institut für angewandtes Stoffstrommanagement in zwei Untersuchungsregionen, der Lausitz und Teltow-Fläming, durchgeführt wird. Es ist Bestandteil des Verbundvorhabens „Nachhaltige Landnutzung durch regionales Energie- und Stoffstrommanagement bei Nutzung der Terra-Preta-Technologie auf militärischen Konversionsflächen und ertragsschwachen Standorten (LATERRA)“ unter der Leitung von Prof. Terytze (FU Berlin). Wir danken für die freundliche Unterstützung durch die Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), ohne die diese Arbeit nicht möglich wäre.
- (2) Zur aktuellen Debatte sei verwiesen auf ZDF 2011 und Gräfe in „Die Zeit“ vom 01.12.2011.
- (3) Im Internet unter: <http://www.hengstbacherhof.de>.

Literatur

- Böhmer, J. et al. (2011): Arbeitspapier Stoffstromanalyse Teltow-Fläming & Niederlausitz. Im Rahmen des Verbundvorhabens LaTerra, Querschnittsprojekt 1: Der Einsatz von Terra Preta in ausgewählten Regionen – Analysen, Bewertungen und Empfehlungen für ein regionales Stoffstrommanagement. FH Trier – Umwelt-Campus Birkenfeld, Birkenfeld, Institut für angewandtes Stoffstrommanagement.
- Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (Hrsg.) (2012): Schwarzerde – Chance für fruchtbare Äcker und Klimaschutz. Im Internet unter: www.bund-bergstrasse.de/themen_und_projekte/terra_preta_schwarzerde.
- Cheng, Ch.-H. et al. (2008): Stability of black carbon in soils across a climatic gradient. In: *J. Geophys. Res.* 113 (G2).
- Gerber, H. (2009): Biomassepyrolyse mit Pyroreaktor. In: *Ithaka – Journal für Terroir, Biodiversität und Klimafarming*. Im Internet unter: www.ithaka-journal.net/pyrolysereaktor.
- Görisch, U., Helm, M. (2006): Biogasanlagen. Stuttgart, Eugen Ulmer Verlag.
- Gräfe, Chr. (2011): „Wundererde“ im Test. „Terra Preta“, ein fruchtbarer Humus der Indios, wird als vielseitiger Retter zerstörter Böden gepriesen. In: *Die Zeit* vom 01.12.2011. Im Internet unter: www.zeit.de/2011/49/Terra-Preta/seite-1.
- Fischer, Chr. (Hrsg.) (2010): Terra Preta. Im Internet unter: www.em-chiemgau.de/pdf/pdf605.pdf.
- Glaser, B. (2010): Biokohle in Böden: CO₂-Senke und Bodenverbesserung. In: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit und Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.): 6. Marktreidwitzer Bodenschutztag. Bodenschutz in Europa – Ziele und Umsetzung, Bd. 6. Informations- und Diskussionsforum für Wissenschaftler und Anwender mit Tätigkeiten im Bodenschutz. Marktreidwitz, 06.-08.10.2010, S. 48–51. Im Internet unter: www.lfu.bayern.de/boden/bodenschutztag_mak/doc/0_mbt2010_tagungband.pdf#page=49.
- Jeffery, S. et al. (2011): A quantitative review of the effect of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. In: *Agricultural Ecosystems and Environment*, 144/2011, S. 175-187.
- Kelderer, M. et al. (2010): Längerfristige Beobachtungen zur Stickstoffmineralisierung verschiedener organischer Handels- und Wirtschaftsdünger unter konstanten Bedingungen. Laimburg, Land- und Forstwirtschaftliches Versuchszentrum Laimburg.
- Lal, R. (2004): Soil carbon sequestration to mitigate climate change. In: *Geoderma* 123, S. 1–22.
- Lehmann, J. (2007): A handful of carbon. In: *Nature* 447, S. 143–144.
- Palaterra GmbH & Co. KG (2011): Die Palaterra® Technologie. Im Internet unter: www.palaterra.eu/media/2/D1111450/0040095110/Palaterra-Schutzrechte.pdf.
- Schmidt, H.-P. (2010): Landwirtschaft als Klimarettet. Delinat-Institut. Im Internet unter: www.nachhaltigkeit.org/201004164569/natur-landwirtschaft/beitrage/landwirtschaft-als-klimarettet.
- Schmidt, H.-P. (2011): Biokohle – Landwirtschaft als Klimarettet – ein Jahresbericht. In: *Ithaka – Journal für Terroir, Biodiversität und Klimafarming*, 1/2011. S. 9–13.
- Kammann, C. (2011): Chancen und Risiken von Pflanzenkohle. Delinat-Institut. Im Internet unter: www.ithaka-journal.net/druckversionen/182011-pflanzenkohle-chancen-prozent20risiken.pdf.
- Schweizer, Chr. (2010): Grünes Geld mit Biokohle. Investitionen in regenerative Energien fördern neue Technologien und sichern langfristig gute Renditen. In: *GoingPublic* 06/2010. S. 54–55.
- Trabelsi, St. (2011): Ökonomische Evaluation und Sensitivitätsanalyse von Terra Preta-Anlagen im Modell. Entwicklung eines auf VBA-Excel basierenden Berechnungstools. Masterthesis. Senftenberg, Hochschule Lausitz (FH).
- Verein Ökoregion Kaindorf (Hrsg.) (2012): Käufer der Humus-Zertifikate – Landwirtschaft. Im Internet unter: www.oekoregion-kaindorf.at/index.php/arbeitsgruppen/ag-landwirtschaft/kaeufers-zertifikate.
- Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH, LAND&Forst (2012): Wirtschaftlicher Dünger. Im Internet unter: landundforst.agrarheute.com/wirtschaftsduenger-521153.
- Zweites Deutsches Fernsehen (ZDF) (2011): Die Wiederentdeckung der „Terra Preta“. 01.01.2011. Im Internet unter: <http://www.zdf.de/ZDFmediathek/beitrag/video/1489276/Die-Wiederentdeckung-der-Terra-Preta#/beitrag/video/1489276/Die-Wiederentdeckung-der-Terra-Preta-Prozent22>.

■ AUTOREN + KONTAKT

Stefanie Trabelsi ist freie Mitarbeiterin an der Hochschule Lausitz.

Prof. Dr. Stefan Zundel ist Professor für Volkswirtschaftslehre mit den Schwerpunkten Umwelt und Energiewirtschaft an der Hochschule Lausitz.

Stefanie Trabelsi c/o Prof. Stefan Zundel, Hochschule Lausitz, Großenhainerstraße 57, 01968 Senftenberg, Tel.: 0163 25 19 675. E-Mail: Stefanie.trabelsi@gmail.com

Prof. Dr. Stefan Zundel, Hochschule Lausitz, Großenhainerstraße 57, 01968 Senftenberg, Tel.: 03573 85 441, E-Mail: stefan.zundel@hs-lausitz.de



Copyright © 2013, IÖW und oekom Verlag. Die Nutzung des Artikels ist Abonnenten von Ökologisches Wirtschaften vorbehalten. Nachdruck und Vervielfältigung des Artikels einschließlich Speicherung und Nutzung auf optischen und elektronischen Datenträgern nur mit Zustimmung der Redaktion von Ökologisches Wirtschaften (<http://www.oekologisches-wirtschaften.de>).