



TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN
FAKULTÄT VI PLANEN BAUEN UMWELT
INSTITUT FÜR
LANDSCHAFTSARCHITEKTUR UND UMWELTPLANUNG
F A C H G E B I E T
LANDSCHAFTSARCHITEKTUR.FREIRAUMPLANUNG

Belegarbeit

Gruppe: Terra Preta TU-Garten

Sommersemester 2013

Julia Brodersen	HU-Berlin
Jonas Dreyer	TU-Berlin
Hannah Haacke	FU-Berlin
Sascha Hofmann	TU-Berlin
Dominik Jentzsch	FU-Berlin
Georg Liebig	HU-Berlin
Julian Jorkowski	HNE Eberswalde

Betreuung durch: Prof. Undine Giseke
Tutor Thomas Finger
Tutorin Alexandra Petrikat
Tutorin Sibila Zecirovic

Abgabe: 2. August 2013

Inhaltsverzeichnis:

1.	Einleitung	1
2.	Merkmale und Einsatz der Terra Preta	3
2.1.	Definition und Entstehung von Terra Preta	3
2.2.	Die Rolle der Pflanzenkohle	5
2.3.	Bodenverbessernde Eigenschaften	6
2.4.	Einsatz von Pflanzenkohle und Begünstigung des Edaphons	8
2.5.	Kompostieren	10
2.6.	Einfluss der Pflanzenkohle auf Kompostgüte und Pflanzenwachstum	11
2.7.	Kreislaufwirtschaft und Regionalisierung	12
3.	Methodik	14
3.1.	Standortbeschreibung	14
3.2.	Versuchsaufbau	16
4.	Evaluation	18
5.	Ausblick	22
6.	Fazit	26
7.	Quellen	28
7.1.	Literaturverzeichnis	28
7.2.	Internetquellenverzeichnis	30
7.3.	Bildquellen	31

Abbildungsverzeichnis:

Abb. 1_ GoogleMaps Karte, Ausschnitt Berlin, Standort des TU-Gartens	14
Abb. 2_ Bildreihe des Entstehungsprozesses	15
Abb. 3_ zeitliche Reihenfolge der Bearbeitungsschritte der Mieten	17
Abb. 4_ PH-Wert Spektren von diversen Nutzpflanzen	24

Abkürzungsverzeichnis:

SOM	– Soil Organic Matter; organische Bodenbestandteile
KAK	– Kationenaustauschkapazität
KAKpot	– potentielle Kationenaustauschkapazität
C/N	– Kohlenstoff/Stickstoff
EM	– effektive Mikroorganismen
P	– Phosphor
K	– Kalium
Mg	– Magnesium
Ca	– Calcium
N	– Stickstoff
S	– Schwefel
Fe	– Eisen
Mn	– Mangan
Zn	– Zink
Cu	– Kupfer
Mo	– Molybdän
Co	– Cobalt
Ni	– Nickel
B	– Bor
CaCO ₃	– Calciumcarbonat

I. Einleitung

„Blühende Landschaften“ titelt die taz in ihrem Artikel vom 20.11.2010 und bezieht sich damit auf die verheißungsvollen Eigenschaften der wiederentdeckten „Terra Preta do Indio“- zu Deutsch Schwarzerde der Indianer. Nicht nur, dass es sich hier um einen Sensationsfund an den Ufern des langgestreckten Amazonas handelt. Dieser hohe Grad an Fruchtbarkeit inmitten der sonst so sauren, nährstoffarmen Böden des Regenwaldes birgt Potentiale großen Ausmaßes für die Bekämpfung des Welthungers und der ökologischen Schäden durch Bindung von großen Mengen an Kohlenstoff.¹ „Nach UN-Zahlen ist in den letzten 20 Jahren fast ein Viertel der globalen Landfläche degradiert; rund 1,5 Milliarden Kleinbauern ernten immer weniger; vor allem in Afrika. Derzeit wird durch Raubbau, Klimakrise und Agroindustrie weltweit 6.000-mal so viel Humus ab- wie aufgebaut.“² (Ute Scheub)

Die anhaltende Degradation des Bodens ist eines der grundlegenden Indizien für die nicht nachhaltige Wirtschaftsweise der heutigen Zeit. Durch die fossile Revolution in der Landwirtschaft war es möglich, die Bodendegradation zu überspielen sowie negative Effekte der Intensivlandwirtschaft zu maskieren. Boden wurde nicht mehr als natürliche Lebensgrundlage verstanden und es wurde der Eindruck geweckt, dass technischer Fortschritt den Boden ersetzbar macht. Die Menschen verlieren sprichwörtlich den Boden unter Ihren Füßen.³

Erinnert man sich jedoch einmal zurück, so ist in vielen Religionen und Kulturen ein enger Bezug zwischen Mensch und Boden festzustellen. Wie im malaysisch geprägten Kulturraum, in dem sich der Mensch als Sohn der Erde versteht oder im alten Rom, wo *Homo* für Mensch stand und die gleiche Sprachwurzel wie Humus, also fruchtbare Erde, hatte.⁴

Dieses verlorene Bewusstsein kehrt jedoch langsam wieder zurück. Zu spät könnte man meinen, wenn da nicht das von vielen Bodenkundlern als Geschenk gepriesene Phänomen der Terra Preta wäre. Diese anthropogen erzeugte Erde könnte nicht nur die „Streusandbüchsen“- Brandenburgs wieder erblühen lassen, sondern auch, folgt man den Stimmen der Wissenschaftler auf diesem Gebiet, ein probates Mittel gegen die Abhängigkeit von Kunstdünger und Agrokonzernen in den Entwicklungsländern werden.⁵

1 Vgl. SCHEUB, U. (2010): Blühende Landschaften - Die besonderen Potenziale von Terra Preta, TAZ online, <http://www.taz.de/61534/> [letzter Zugriff: 28.07.2013]

2 SCHEUB, U.. (2010): Blühende Landschaften - Die besonderen Potenziale von Terra Preta, TAZ online, <http://www.taz.de/61534/> [letzter Zugriff: 28.07.2013]

3 HELD, M., (2011): Peak Oil und die Krise der Böden - urbane Nutzgärten und ihr Beitrag zu einer postfossilen Gesellschaft, In: Müller, C (Hrsg.): Urban Gardening die Rückkehr der Gärten in die Stadt, S. 292 – 304, oekom, München; S. 268ff

4 Vgl. Ebenda, S. 269ff

5 Vgl. Akademie der Künste (Hrsg.) (2010): Terra Preta / Dunkle Erde, http://www.adk.de/de/aktuell/veranstaltungen/?we_objectID=25357 (letzter Zugriff: 29.07.2013)

Terra Preta selbst kann in unterschiedlichen Verfahrensweisen mit recht bescheidenen Mitteln eigenhändig hergestellt werden. Im Verlauf der Projektwerkstatt der TU Berlin zu Permakultur und Terra Preta, mit dem langfristigen Ziel der Gründung einer Gartencoop auf Basis dieser beiden Komponenten, haben wir im vergangenen Semester Informationen zusammengetragen und erste Feldversuche zur selbstorganisierten Herstellung von Terra Preta, hauptsächlich nach dem Verfahren von Dr. Jürgen Reckin, vorgenommen. - Die Forschungsfrage, die sich hierbei für uns gestellt hat, lautet folgendermaßen:

Ist die Herstellung Terra Pretas ein für jeden leicht nachzunehmendes und kostengünstiges Kompostierungsverfahren unter Einsatz lokaler Ressourcen und welche Substratverbesserung kann man im Vergleich zu herkömmlichen Kompostierverfahren messbar erkennen?

Diese Fragestellung erfolgt unter der Berücksichtigung folgender zwei Punkte:

1. Wenn wir im Versuchsaufbau von Terra Preta sprechen, beziehen wir uns nachfolgend ausschließlich auf die Herstellungsmethode von Dr. Jürgen Reckin.
2. „Leicht nachzunehmen“ heißt für uns, dass keine besonderen fachlichen Kenntnisse zu der Materie vorhanden sein müssen und sich die Beschaffung der einzelnen Komponenten in einem vertretbaren Aufwandsverhältnis zu beruflichen und zeitlichen Belastungen des herkömmlichen Alltags befindet.

Nach ein paar kurzen Zitaten aus der Fachwelt über die Bedeutung von Terra Preta widmen wir uns theoretischen Aspekten Terra Pretas. Danach gehen wir auf die Methodik zur Herstellung und den Versuchsaufbau ein. Abschließend folgen die Evaluation der bereits vorhandenen Ergebnisse sowie der Ausblick und das Fazit.

Ralf Otterpohl, Professor der TU Hamburg-Harburg: TerraPretaSanitation – „Die Lösung für mehr als 2 Milliarden Menschen im Hinblick auf Unabhängigkeit, Hunger und die Verwertung menschlicher Ausscheidungen.“⁶

⁶ Zit. in: Akademie der Künste (Hrsg.) (2010): Terra Preta / Dunkle Erde, www.adk.de: http://www.adk.de/de/aktuell/veranstaltungen/?we_objectID=25357 (letzter Zugriff: 29.07.2013)

Bruno Glaser von der Universität Bayreuth ist überzeugt davon, Terra Preta könne "aus eigentlich unfruchtbaren Böden blühende Landschaften" machen.⁷

Haiko Pieplow vom Bundesumweltministerium sieht darin eine "Jahrhundertinnovation".⁸

Ulf Rakelmann vom Team Zukunftstechnologie des kommunalen Unternehmens Hamburg Wasser: „Terra Preta – Der Traum eines Wasserentsorgungsbeauftragten, in dem eine Gesellschaft die eigenen Siedlungsrückstände wieder verwertet.“⁹

Dr. Jürgen Reckin: „Ein Geschenk der Indios an unsere heutige Gesellschaft.“¹⁰

2. Merkmale und Einsatz der Terra Preta

2.1. Definition und Entstehung von Terra Preta

Terra Preta ist eine Erde, deren Entstehung stark anthropogen beeinflusst ist. Wiederentdeckt wurde der spezielle Boden in den 60er Jahren, wobei erst seit den 90er Jahren wieder ein größeres, wissenschaftliches Interesse besteht. Diese humusreichen, fruchtbaren Gebiete inmitten von sonst eher nährstoffarmen Arealen bildeten die Grundlage präkolumbianischer, bevölkerungsreicher Siedlungen im Amazonasgebiet¹¹, welche erst durch die von Europäern eingeschleppten Epidemien ihr Ende fanden.¹² Dieser Fund überraschte die Fachwelt, da sich lange Zeit die Annahme hielt, dass es im Amazonasgebiet aufgrund der vorherrschenden klimatischen Bedingungen zu keiner Bildung stärkerer Humusschicht kommen könne. Jedoch konnten meist auf hochwassergeschützten Plateaus in der

7 Vgl. SCHEUB, U. (2010): Blühende Landschaften - Die besonderen Potenziale von Terra Preta, TAZ online, <http://www.taz.de/!61534/> [letzter Zugriff: 28.07.2013]

8 Zit. ebenda (letzter Zugriff: 28.07.2013)

9 Zit. in: AKADEMIE DER KÜNSTE(Hrsg.) (2010): Terra Preta / Dunkle Erde, http://www.adk.de/de/aktuell/veranstaltungen/?we_objectID=25357 (letzter Zugriff: 29.07.2013)

10 RECKIN, J. (2012): Terra Preta – Die legendäre Schwarzerde der Indios von Amazonien. in: NATÜRLICH GÄRTNERN & ANDERS LEBEN – Mai/Juni 2012, Organischer Landbau Verlag S. 4ff

11 Vgl. SCHEUB, U. (2010): Blühende Landschaften - Die besonderen Potenziale von Terra Preta, TAZ online, <http://www.taz.de/!61534/> [letzter Zugriff: 28.07.2013]

12 Vgl. RECKIN, J. (2012): Terra Preta – Die legendäre Schwarzerde der Indios von Amazonien. in: NATÜRLICH GÄRTNERN & ANDERS LEBEN – Mai/Juni 2012, Organischer Landbau Verlag S. 4ff

Nähe des Amazonas und seiner Nebenflüsse von Kolumbien bis zum Mündungsdelta in Brasilien diese Schwarzerde gefunden werden.¹³

Forscher gehen inzwischen davon aus, dass die bis zu 4500 Jahre alten Böden direkt durch Kompostierung der damaligen Siedlungsabfälle wie organische Essensreste, mineralische Stoffe wie Asche und Knochen und Fäkalien in Verbindung mit verkohltem Holzmaterial entstanden sind.¹⁴

Der archäologische Fund von Tonscherben in den meisten Humusschichten lässt eine Rekonstruktion der Kompostierungspraktiken der Ureinwohner zu. Eine mögliche Erklärung der Herstellung ist die folgende: Die gefundenen Gefäße hatten meist einen Deckel, weshalb sie gut für die Fermentierung oder Milchsäurevergärung des darin befindlichen Materials geeignet waren. Man kann davon ausgehen, dass den Ansässigen bekannt war, dass man die menschlichen Ausscheidungen voneinander trennen musste. Während der Urin aufgrund seines wertvollen Stickstoff- und Phosphorgehaltes direkt als Dünger verwendet werden konnte, wurden die festen Fäkalien mit Holzkohle überzogen, wodurch Verfaulung verhindert, Feuchtigkeit reguliert und die Bedingung für die Milchsäuregärung verbessert werden konnte. Für die Fermentation selbst sorgten die aus dem Darm ausgeschiedenen Milchsäurebakterien, die in den Poren der Holzkohleteilchen ausgezeichnete Lebensbedingungen vorfanden. In einem luftdicht verschlossenen Gefäß fermentiert und hygienisiert, wurden so Fäkalien zu einem wertvollen Rohstoff, der beliebig lang in circa 20 Liter fassenden Tongefäßen gelagert werden konnte. Später wurden diese Gefäße zusammen mit den Küchenabfällen in circa 200-300 Liter fassende Tongefäße unter zusätzlicher Beigabe von Holzkohle und Waldboden umgefüllt. Am Boden der gefundenen Gefäße konnte man häufig Löcher vorfinden, die das Abfließen von Sickersäften ermöglichten und dadurch Bodentiere und Kleinlebewesen, die wiederum die Abfälle durchmischten und mit ihren Stoffwechselprodukten vererdeten, anlockten. In kurzer Zeit konnte durch diese Vorgehensweise fruchtbarer Humus hergestellt und vor allem durch die Lagerung im Tongefäß vor der Auswaschung durch Niederschläge geschützt werden.¹⁵

Definiert wird Terra Preta meist wie folgt: "a soil characterized by a several decimeter-thick topsoil horizon with high levels of SOM, biochar, and nutrients (especially phosphorus) and which contains archaeological artefacts of pre-Columbian origin" (Glaser und Birk).¹⁶

¹³ Vgl. SCHEUB, U., PIELOW, H., H.P. Schmidt, 2013: TITEL des Buches??S 40

¹⁴ Vgl. GLASER B., HAUMAIER L., GUGGENBERGER G. und ZECH W. (2001): The "terra preta" phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. In: *Naturwissenschaften* 88(1) (2001), S. 37–41.

¹⁵ Vgl. SCHEUB, U., PIELOW, H., SCHMIDT, H.P. (2013): Terra Preta. Die schwarze Revolution aus dem Regenwald, oekom, München S 45-49

¹⁶ GLASER, B. und BIRK, J.J. (2012): State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (terra preta de Indio). In: *Geochimica et Cosmochimica Acta* 82 (2012), S. 41

Im Gegensatz zu umliegenden Böden im Amazonasgebiet (v.a. Ferralsole, Acrisole, und Arenosole) besitzt Terra Preta de Indio zusätzlich folgende Eigenschaften:¹⁷

- weniger saurer Boden, pH-Wert zwischen 5.2 und 6.4
- sehr hohe Vorkommen von Nährstoffen wie P, N, Ca, Mg, und Zn
- hohes Nährstoff-Speichervermögen
- hohe Stabilität der organischen Bodensubstanz

Neben dem Fund dieser sogenannten Terra Preta de Indio¹⁸ wurden inzwischen auch in anderen Teilen der Erde Böden mit ähnlichen Merkmalen entdeckt, wie zum Beispiel die Terra Preta Australis.¹⁹

2.2. Die Rolle der Pflanzenkohle

Die speziellen fruchtbarkeitserhöhenden Merkmale ergeben sich vor allem aus einem hohen Anteil an pyrogenem Kohlenstoff.²⁰ Dieser Kohlenstoff (engl. black carbon) ist Hauptbestandteil der im deutschen Raum sogenannten Pflanzenkohle (engl. biochar).^{21 22}

Pflanzenkohle entsteht durch pyrolytische Verkohlung rein pflanzlicher Ausgangsstoffe bei Temperaturen zwischen 350° und 800 °C. Als Nebenprodukte entstehen Synthesegase und Wärme. Mineralstoffe in den Ausgangsstoffen gehen nicht verloren, sondern werden während des Prozesses an die Pflanzenkohle gebunden.²³ Die genaue Herkunft der Kohle im Falle der Terra Preta de Indio konnte bis dato noch nicht eindeutig geklärt werden. Möglich sind Rückstände von slash-and burn Praktiken (Brandrodung), Feuer zu Produktionszwecken und der Einsatz von Asche und Kohle als Dünger in Hausgärten.²⁴

17 Vgl. Ebenda, S. 42ff.

18 Vgl. GLASER et al. (2001).

19 Vgl. DOWNIE A. E., Zwienc L.V., Smernik R.J., Morris S. und Munroea P.R. (2011): Terra Preta Australis: Reassessing the carbon storage capacity of temperate soils. In: Agriculture, Ecosystems and Environment 140 (2011), S. 137–147.

20 Vgl. GLASER et al. (2001):

21 Vgl. KAMMANN, C. (2011): Chancen und Risiken von Pflanzenkohle. In: Ithaka Journal 1/ 2011, S. 75–82 (2011). <http://www.ithaka-journal.net/chancen-und-risiken-von-pflanzenkohle> [Letzter Zugriff: 23.07.2013].

22 in Abgrenzung zur HTC-Kohle (engl. hydrochar), welche stark abweichende Herstellungsprozesse und spezifische Eigenschaften aufweist und hier nicht weiter behandelt wird.

23 Vgl. SCHMIDT HP (2011a): Pflanzenkohle. In: Ithaka Journal 1/ 2011, S. 75–82 (2011). <http://www.ithaka-journal.net/pflanzenkohle> [Letzter Zugriff: 25.07.2013].

24 Vgl. GLASER und BIRK (2012), S. 42)

Traditionell wurde jedoch auch im europäischen Raum Kohle seit langem in Kohlemeilern hergestellt. Inzwischen gibt es neben Versuchsapparaturen in Forschungsinstituten auch erste großtechnische Anlagen zur kommerziellen Produktion.²⁵

Die genaue stoffliche Zusammensetzung von Pflanzenkohle und damit ihre Eigenschaften variieren je nach eingesetzter Biomasse und Prozesstemperatur stark.²⁶ Der Kohlenstoffgehalt liegt zwischen 25 und 95%, meist bei >50%. Das molare H/C-Verhältnis beträgt je nach Verbrennungsgrad zwischen < 0.6 und > 0.1.²⁷

Nur wenn Pflanzenkohle im Boden nicht abgebaut wird, kann sie langfristig ihre Wirkung entfalten und zum Beispiel auch zur Minderung des Klimawandels als Kohlenstoffsenke dienen. Während einige Forscher die Verweildauer auf mehrere Hundert beziehungsweise Tausend Jahre schätzen,^{28 29} fanden Andere Indizien für eine deutlich stärkere Mobilität.³⁰

2.4. Bodenverbessernde Eigenschaften

Besonders die große Oberfläche und das Porenvolumen der Kohle und die damit einhergehende hohe Adsorptionskapazität und Kationenaustauschkapazität bestimmen den bodenverbessernden Einfluss.³¹ Dieser wirkt sich vor allem positiv auf Speicherkapazität, Bodenaktivität und Bodenstruktur aus. Schmidt³² und Kammann³³ geben einen kurzen Überblick über die wissenschaftlichen Befunde:

Speicherkapazität:

- Verbessertes Wasserspeichervermögen
- Weniger Nährstoffauswaschung, bessere Nährstoffverfügbarkeit
- Bindung von Schwermetallen

25 Vgl. SCHMIDT (2011a).

26 Vgl. WINSLEY, P. (2007): Biochar and bioenergy production for climate change mitigation. In: New Zealand Scientific Review 5 64 (2007).

27 Vgl. SCHMIDT (2011a).

28 Vgl. GLASER et al. (2001).

29 Vgl. LEHMANN, J. (2007): A handful of carbon. In: Nature, Vol. 447, No. 7141, S. 143-144 (2007). <http://www.nature.com/nature/journal/v447/n7141/full/447143a.html#B5>. [Letzter Zugriff: 20.07.2013].

30 Vgl. JAFFÉ R, DING Y, NIGGEMANN J., VÄHÄTALO A.V., STUBBINS A., SPENCER R.G.M., CAMPBELL J. und DITTMART. (2013): Global Charcoal Mobilization from Soils via Dissolution and Riverine Transport to the Oceans. In: Science 2013: S. 345- 347.

31 Vgl. GLASER und BIRK (2012).

32 Vgl. SCHMIDT (2011a).

33 Vgl. KAMMANN (2011).

Bodenaktivität:

- Kohle als Lebensraum für Bodenbakterien
- Zunahme von Wurzelmykorrhizen

Bodenstruktur:

- Verbesserte Bodendurchlüftung
- Reduktion von Treibhausgasemissionen
- Kohlenstoff-Sequestrierung durch Stabilisierung von organischem Bodenmaterial

Im Bereich der Kohlenstoff-Sequestrierung wurden jedoch auch adverse Effekte auf den Abbau bereits vorhandenen Humus im Boden festgestellt³⁴, zum Beispiel von Waldbodenhumus durch Einsatz von Pflanzenkohle.³⁵

34 Vgl. ZIMMERMAN A. R., Gao B. und Ahn M-Y (2011): Positive and negative carbon mineralization priming effects among a variety of biochar-amended soils. In: Soil Biology and Biochemistry, Volume 43, Issue 6, S. 1169-1179 (2011).

35 Vgl. WARDLE, D.A., NILSSON M.-C. und ZACKRISSON O. (2008): Fire-derived charcoal causes loss of forest humus. In: Science, 320, S. 629 (2008).

2.4. Einsatz von Pflanzenkohle und Begünstigung des Edaphons

Pflanzenkohle selbst ist kein Dünger, sondern fungiert eher als Katalysator, Trägerstoff für weitere Substanzen und Habitat. Vor Einbringung in den Boden sollte die Kohle daher aktiviert und aufgeladen werden.³⁶

Eine chemische oder physikalische Aktivierung findet bei zertifizierten Pflanzenkohlen schon während der Herstellung statt. Dies kann zum Beispiel durch Reaktion mit CO₂ oder Wasserdampf nach der Pyrolyse stattfinden, wodurch die poröse Struktur der Kohle noch einmal verändert wird und die Adsorptionskapazität zunimmt.³⁷

Daneben führt eine hohe Kationenaustauschkapazität (KAK) dazu, dass Nährstoffe an der Oberfläche der Kohle gebunden werden und unter bestimmten Bedingungen für Lebewesen freigesetzt werden können. Neben der Vergrößerung der Oberfläche führt der Kontakt mit Sauerstoff und Boden (Oxidation) zu einer weiteren Erhöhung der KAK.³⁸ Die Oxidation von Pflanzenkohle und deren Wirkung konnte auch durch die Untersuchung der Terra Preta de Indio festgestellt werden.³⁹

Direkte Einbringung der Kohle in den Boden kann durch die hohe KAK unter Umständen die Pflanzenverfügbarkeit von Nährstoffen und damit das Pflanzenwachstum beeinträchtigen. Daher ist eine vorherige Aufladung mit Nährstoffen und Wasser notwendig.⁴⁰ Wässern der Kohle bewirkt unter anderem eine bessere Verträglichkeit für Bodenorganismen, wie Regenwürmer.⁴¹

Hans Peter Schmidt identifiziert vier mögliche Wege zur Aufladung der Pflanzenkohle mit Nährstoffen: mittels Kompost, Viehmist, NPK-Düngern und Bokashi.⁴²

Die Aufladung im Falle der Terra Preta de Indio geschah ersten Erkenntnissen zufolge nicht primär durch Viehmist; NPK-Dünger waren zu damaliger Zeit nicht verfügbar. Uneinigkeit herrscht, ob anaerobe oder aerobe Prozesse vorherrschten. Die Mehrzahl der Wissenschaftler geht von aerober Kompostierung aus.⁴³ So kann zum Beispiel nach Dr. Reckin der Einsatz von *Bacillus Subtilis* und die

36 Vgl. SCHMIDT (2011a).

37 Vgl. DOWNIE A., CROSKY A. und MONROE P. (2009): Physical Properties of Biochar; in Lehmann, J., & Joseph, S. (Hrsg.): Biochar for environmental management: science and technology. Earthscan, 2009, S.17f

38 Vgl. SCHMIDT HP (2011b): Wege zu Terra Preta – Aktivierung von Pflanzenkohle. In: Ithaka Journal 1/ 2011, S. 28–32 (2011). <http://www.ithaka-journal.net/wege-zu-terra-preta-aktivierung-von-biokohle> [Letzter Zugriff: 25.07.2013].

39 Vgl. GLASER und BIRK (2012), S. 44

40 Vgl. KAMMANN (2011).

41 Vgl. LI D.; HOCKADAY, W.C.; MASIELLO, C. A.; ALVAREZ, P.J.J. (2011): Earthworm avoidance of biochar can be mitigated by wetting. In: Soil Biology and Biochemistry, 2011, Vol.43(8), S. 1732-1737.

42 Vgl. SCHMIDT (2011b).

43 Vgl. GLASER und BIRK (2012), S. 48.

Impfung mit bereits bestehender Terra Preta den Bodenbildungsprozess hin zur Schwarzerde erheblich verbessern und beschleunigen.⁴⁴

Andere Forscher hingegen sehen ein Schlüsselprinzip in der Anwendung von Bokashi, einer anaeroben Art der Kompostierung durch Milchsäuregärung⁴⁵, welche bereits im Abschnitt zur Entstehung der Terra Preta behandelt wurde. Bisherige kommerzielle Anbieter von Terra Preta-Substraten im deutschen Raum nutzen überwiegend dieses Prinzip unter Einsatz von effektiven Mikroorganismen (EM) bei der Herstellung.⁴⁶

Unstrittig ist, dass neben der Kohle die speziellen biologischen Bodenbildungsprozesse am Entstehen der Terra Preta entscheidend mitwirkten. Dabei spielen Fungi eine weitaus größere Rolle als Bodenbacteria.⁴⁷

Weitestgehend gesichert sind auch die Befunde hinsichtlich der verwendeten Inhaltsstoffe: Pflanzenmaterial, Knochen, Pflanzenkohle und menschliche Exkremente.⁴⁸

Wie oben dargelegt, sind Wirkung und Nutzen der Pflanzenkohle und Terra Preta von vielen Faktoren abhängig. Sie sollten daher auf verschiedene Ausgangsmaterialien, Herstellungsverfahren, klimatischen Bedingungen, Basisböden und Anforderungen der Kulturpflanzen hin untersucht werden, damit unter lokal vorherrschenden Bedingungen positive Effekte, zum Beispiel auf nachhaltige Bodennutzung, erzielt werden können.⁴⁹

44 Vgl. OLLENDORF (2012): Terra Preta – Entstehungsprozess und ein mögliches Herstellungsverfahren, Exkursionsbericht zu Dr. Reckin. http://wendepunktukunft.org/wp-content/uploads/2012/07/TerraPreta_Exkursion_DrReckin-3.pdf. [Letzter Zugriff: 26.07.2013].

45 Vgl. FACTURA, H.; BETTENDORF, T.; BUZIE, Ch.; PIELOW, H.; RECKIN, J.; OTTERPOHL, R. (2010): Terra Preta sanitation: re-discovered from an ancient Amazonian civilisation – integrating sanitation - bio-waste management and agriculture. In: Water Science & Technology, 61(10), S. 2673-2679.

46 Siehe dazu z.B. <http://palaterra.eu/> oder <http://www.triaterra.de/>

47 Vgl. GLASER und BIRK (2012).

48 Vgl. ebd.

49 Vgl. KAMMANN (2011).

2.5. Kompostieren

Beim Terra Preta-Konzept könnte es sinnvoll sein, die Kenntnisse über Pflanzenkohle und verschiedene Kompostiermethoden zu verbinden⁵⁰, aber auch die Kenntnisse von Terra Preta und der Kompostierung zusammenzufassen.⁵¹ Das Kompostieren spielt eine wichtige Rolle bei der Herstellung von Terra Preta. Je nachdem, was für Kompost zum Aktivieren der Kohle in den Terra Preta-Mieten verwendet wird, können die Ergebnisse stark variieren.⁵²

Unter Kompostierung wird die Zersetzung von organischen Bestandteilen von Pflanzen, Tieren und Menschen durch Mikroorganismen verstanden. Dies geschieht unter aeroben Bedingungen. Es gibt verschiedene Kompostierverfahren.⁵³ Ein Schlüsselfaktor ist dabei die Mikroaktivität.⁵⁴ Weitere Faktoren, die den Zersetzungszeitraum maßgeblich beeinflussen können, sind der Wasseranteil im Kompost, die Luftzufuhr und die Anzahl der Mikrobakterien.⁵⁵ Die mikrobakterielle Aktivität kann durch die Zugabe von Asche, Exkrementen und Urin erhöht werden.⁵⁶

Das Ziel der Kompostierung ist die Herstellung von Humus. Damit kann die Bodenfruchtbarkeit und der Kohlenstoffspeicher des Bodens erhöht werden.⁵⁷ Außerdem ist der Humus eine Stickstoffquelle des Bodens. In diesem Zusammenhang soll auch das C/N-Verhältnis erwähnt werden, welches in der Literatur verwendet wird, um den Anteil der organischen Substanz im Boden zu beschreiben. Je enger das Verhältnis zwischen Stickstoff und Kohlenstoff ist, desto höher ist die biologische Aktivität und desto weiter ist die Zersetzung der organischen Substanz fortgeschritten, der Boden ist fruchtbarer. Wenn das C/N-Verhältnis weiter auseinander liegt, handelt es sich um frisch abgestorbene Substanz.⁵⁸ Diese beschriebenen Faktoren sind besonders zur Zeit der Intensivierung der Landwirtschaft wichtig, da die Übernutzung der Ackerflächen zu Humusschwund führen kann.⁵⁹ Das kann zu einer deutlichen

50 Vgl. DANIEL, F.; GLASER, B. (2012): Synergien between compost and Biochar for Sustainable soil Amelioration, Management of Organic Waste. Kumar. S. (Ed.). S. 167

51 Vgl. ebd. S. 188

52 Vgl. SCHMIDT, H.P.; Niggli, C. (2012): Pflanzenkohle in Kleingärten – Resultate 2011. In: Ithaka Journal 1. S. 44

53 Vgl. DANIEL, F. & GLASER, B. (2012): Synergien between compost and Biochar for Sustainable soil Amelioration, Management of Organic Waste. Kumar. S. (Ed.). S. 168

54 Vgl. ebd. S. 188

55 Vgl. ebd. S. 168

56 Vgl. ebd. S. 190

57 Vgl. GLASER, B. (o. J.): Bodenbiochemie und weiter???

58 Vgl. MÜLLER-BEBLAVY, C. (o. J.): Die Bedeutung von Böden und Humus im Kohlenstoffkreislauf, Palaterra, http://www.das-gold-der-erde.de/fileadmin/Documents/Downloads/TP_Artikel_Kohlenstoffkreislauf_05_01.pdf [Letzter Zugriff: 11.07.2013].

59 Vgl. GLASER, B. (o. J.): Bodenbiochemie und weiter???

Verschlechterung des Bodens führen, denn Humus ist für die Bodenfruchtbarkeit, Wasserspeicherfähigkeit, Nährstoffspeicherung und den Erosionsschutz zuständig.⁶⁰

2.6. Einfluss der Pflanzenkohle auf Kompostgüte und Pflanzenwachstum

Der Einfluss der Pflanzenkohle auf die Kompostgüte und Pflanzenwachstum wurde in verschiedenen Studien untersucht. Je nach Studie kann der Einsatz der Kohle unterschiedliche Konsequenzen auf die verschiedenen Pflanzenarten, auf die Kompostgüte und andere bodenkundliche Parameter haben. In der Studie von Jeffery et al. wird aufgeführt, dass es durch den Einsatz von Pflanzenkohle im Mittel zu einer Ertragssteigerung von 10% gekommen ist. Allerdings kam es nicht in allen Fällen zu positiven Auswirkungen. In manchen Fällen konnten auch Ertragsminderungen beobachtet werden. Die besten Ergebnisse bei dieser Versuchsdurchführung wurden mit 100 Tonnen Kohle pro Hektar erzielt.⁶¹

Weiterhin ist trotz zahlreicher Experimente noch nicht ausreichend untersucht worden, welche Auswirkungen die alternde Kohle im Boden auf die Bodenqualität hat. Zudem spielen bei den Versuchen so viele Faktoren eine Rolle, dass es schwierig ist, eine allgemeine Aussage über die Effektivität der Behandlung zu machen. In dem beschriebenen Versuch wurden bei sauren und neutralen Böden die besseren Ergebnisse erzielt. Auch bei Böden mit einer gröberen oder mittleren Textur wurden Ertragssteigerungen beobachtet.⁶² Das Zusammenspiel der Holzkohle mit den genannten Faktoren wurde noch nicht ausreichend verstanden.⁶³

Bei einem anderen Versuch wurden 10 Kilogramm Pflanzenkohle aufgetragen. Diese Pflanzenkohle wurde zuvor organisch aktiviert, indem sie 1:1 mit Kompost oder Mist für zwei Wochen befruchtet wurde.⁶⁴ Auch hier wurden teilweise Ertragssteigerungen beobachtet. Stellenweise konnten jedoch keine positiven Auswirkungen gesehen werden. Des Weiteren kam es im zweiten Versuchsjahr zu höheren Streuungen bei den Ergebnissen.⁶⁵

60 Vgl. BÖTTCHER, J. (o. J.): Terra Preta – die Schlüsselinnovation des Jahrhunderts, Palaterra, http://www.das-gold-der-erde.de/fileadmin/Documents/Downloads/Terra_Preta_-_Schlüsselinnovation_des_Jahrhunderts.pdf [Letzter Zugriff: 13.07.2013].

61 Vgl. JEFFERY, S.; Verheijen, F.G.A.; van der Velde, M.; Bastos, A.C. (2011): A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. In: *Agriculture, Ecosystems and Environment* 144.1, S. 175-187.

62 Vgl. ebenda. S. 185.

63 Vgl. ebenda. S. 186

64 Vgl. SCHMIDT, H.P. & Niggli, C. (2012): Pflanzenkohle in Kleingärten – Resultate 2011. In: *Ithaka Journal* 1. S. 41

65 Vgl. ebenda 1. S. 42

Bei der Auswertung sollte beachtet werden, dass die Erfolge auch sehr stark von den Pflanzenarten abhängen können.⁶⁶ Die Pflanzenkohle führt dazu, dass sich der pH-Wert erhöht. Das kann zu Ernterückgängen bei Pflanzen, welche eher sauren Boden bevorzugen, führen.⁶⁷ Somit muss die Theorie, dass mehr Erträge zu erwarten sind, je mehr Pflanzenkohle aufgebracht wird, vorsichtig betrachtet werden. Je nach Pflanzenart kann auch das Gegenteil der Fall sein. Auch sollte beachtet werden, dass das Herstellungsverfahren der Pflanzenkohle ebenfalls entscheidend sein kann.⁶⁸ Auch andere Auswirkungen der Pflanzenkohle sind umstritten. Während einige Autoren von einer höheren Wasserspeicherfähigkeit des Bodens sprechen⁶⁹, berichten andere, dass diese nur im Labor festgestellt werden konnte.⁷⁰

2.7. Kreislaufwirtschaft und Regionalisierung

Die heutige Wirtschaftsweise ist geprägt von einer „waste economy“, einem Zustand des beschleunigten Schöpfens und Vernichtens von Verbrauchs- und Gebrauchsgütern.⁷¹ Dem entgegen erkennen zum Beispiel Wissenschaftler_innen im Bereich der ökologischen Ökonomik, dass der Durchsatz von Ressourcen minimiert, hingegen die Pflege und Aufrechterhaltung von Ressourcen und deren Vorratslagern priorisiert werden sollte.⁷² Damit einher geht eine verstärkte Kreislaufwirtschaft, also das Schließen von Stoffkreisläufen⁷³, wie es bei der Kompostierung für den Nährstoffkreislauf der Fall ist. Zusätzlich wirkt sich die Kompostierung im Terra Preta-Verfahren auf den Kohlenstoffkreislauf aus. Der dem Boden hinzugefügte Kohlenstoff wird auf Dauer der Atmosphäre entzogen, wodurch der Klimawandel verlangsamt werden könnte.⁷⁴

66 Vgl. SCHMIDT, H.P. & Niggli, C. (2012): Pflanzenkohle in Kleingärten – Resultate 2011. In: Ithaka Journal 1. S. 42

67 Vgl. ebenda S. 44

68 Vgl. GLASER, B. (o. J.): Bodenbiochemie usw.??

69 Vgl. MÜLLER-BEBLAVY, C. (o. J.): Die Bedeutung von Böden und Humus im Kohlenstoffkreislauf. In: www.das-gold-der-erde.de. S. 13

70 Vgl. GLASER, B. (o. J.): Bodenbiochemie usw.??

71 Vgl. ARENDT, H. (1998): Vita activa oder: Vom tätigen Leben; München 10. Auflage 1998, S. 149 und 156 - 159.

72 Vgl. BOULDING, K. (2006): Die Ökonomik des zukünftigen Raumschiffs Erde, erschienen in: Sabine Höhler & Fred Luks, „Beam us up, Boulding! – 40 Jahre Raumschiff Erde“, Karlsruhe 2006, S. 9, 13 und 15 – 19.

73 Vgl. BINSWANGER, H.C. (1972): Ökonomie und Ökologie – neue Dimensionen der Wirtschaftstheorie; erschienen in: Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik Band 108 (1972), S. 256 - 257, 260 – 261, 266 und 277 - 278.

74 Vgl. JEFFERY, S.; Verheijen, F.G.A.; van der Velde, M.; Bastos, A.C. (2011): A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. In: Agriculture, Ecosystems and Environment 144. S. 176.

Für das Terra Preta-Verfahren können auch die fossilen Brennstoffe Verwendung finden, welche in der Industrie meist als Abfall entsorgt werden.⁷⁵ Dafür müsste die Industrie in den Kreislauf eingebunden werden. Ein Nachteil hierbei ist jedoch, dass die Brennstoffe auf zu große Temperaturen erhitzt werden, wodurch sie einen Großteil ihrer positiven Eigenschaften verlieren.⁷⁶ Hier sollte also die Industrie angeregt werden, nachhaltige Pyrolyse-Verfahren einzusetzen, sodass ein geschlossener Kreislauf möglich wird.

Neben der Kreislaufwirtschaft ist die Beschaffung lokaler Ressourcen eine wichtige Komponente nachhaltiger Wirtschaftsweisen. So fordern zum Beispiel Postwachstumsökonom_innen eine Balance zwischen Eigen- und Fremdversorgung, das heißt eine verstärkte Eigenarbeit zur Schaffung der eigenen Daseinsgrundlage. Außerdem betonen sie die Bedeutung der Regionalisierung von Stoffströmen und Wertschöpfungsketten zur Schaffung eines ökologieverträglicheren und krisenresistenteren Rahmens.⁷⁷

Diesen Überlegungen versuchen wir durch unseren Ansatz der Terra Preta-Herstellung gerecht zu werden.

75 Vgl. SCHMIDT, H.P. (2012): Pflanzkohle, eine Schlüsseltechnologie zur Schließung der Stoffkreisläufe. In: Ithaka Journal 1. S. 76

76 Vgl. ebenda. S. 78

77 Vgl. PAECH, N. (2005): Nachhaltigkeit zwischen Dematerialisierung und Ökologisierung: Hat sich die Wachstumsfrage erledigt?, erschienen in: Natur und Kultur 6/1, S. 52 - 72. <http://www.umweltethik.at/download.php?id=322>

3. Methodik

3.1. Standortbeschreibung

Die Terra Preta Gruppe beansprucht den hinteren Teil des TU-Berlin Gartens der Landschaftsarchitektur in der Müller-Breslau-Straße (Abbildung 1), um ihre Untersuchungen durchzuführen. Dabei war die Fläche erst stark bewuchert und wurde durch ein im Garten arbeitendes Sozial-Projekt freigeräumt. Der Standort zeichnet sich durch einen stark sandigen und nährstoffarmen Boden aus. Die Untersuchungsflächen liegen im Schatten einer 20 Meter hohen Eiche.

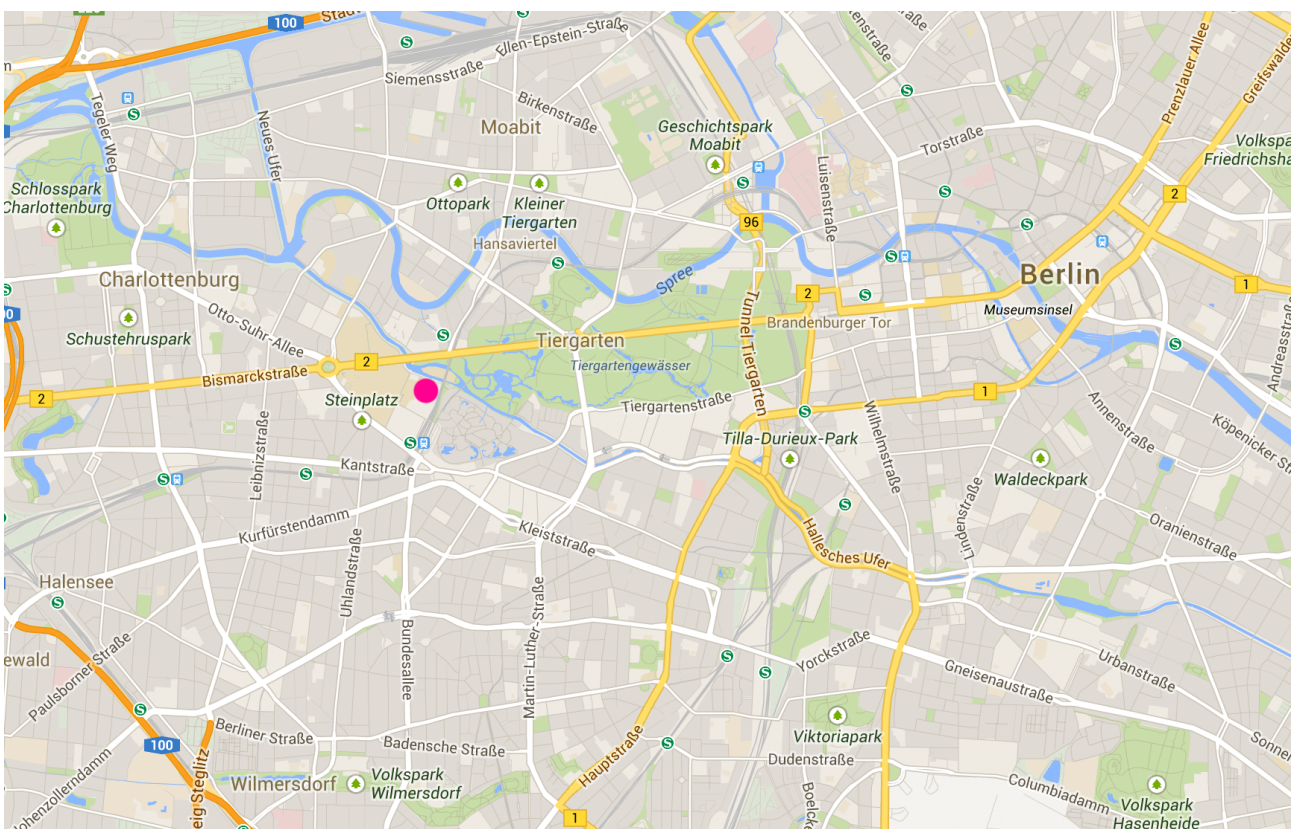


Abbildung 1_ GoogleMaps Karte, Ausschnitt Berlin, Standort des TU-Gartens = Rosa Punkt; Quelle <https://maps.google.de>.

Durch folgende Schritte wurde die Fläche bearbeitet (Abbildung 2):

Nach der Freiräumung wurden die Mieten vermessen. Im Anschluss besorgten wir aus lokalen Ressourcen das organische Ausgangsmaterial. Dazu bezogen wir Holzschnitzel vom Berliner Zoo und Sägespäne von der TU-Tischlerei. Beide Betriebe sind in der Müller-Breslau-Straße situiert, somit wurde das Material per Schubkarre CO₂-neutral transportiert. Der benötigte Stickstoff wurde in Form von fermentiertem Urin und lokaler Brennnesseljauche beigefügt. Da der Standort einen hohen Sandanteil vorweist, haben wir eine Beimengung von á 8 Litern Blautonmehl je Miete vorgenommen.



Abbildung 2_ Bildreihe des Entstehungsprozesses (Dreyer); Quelle eigene Darstellung.

Von oben links nach unten rechts ist der Entstehungsprozess der Mieten dokumentiert.

1. Verwilderte Fläche mit Bestandsvegetation im hinteren Teil des Gartens.
2. Freigeräumte Fläche durch das Sozial-Projekt.
3. Vermessung der Mieten mit identischen Größen.
4. Transport der Hackschnitzel vom Zoologischen Garten per Schubkarre (Dominik Jentsch).
5. Nahaufnahme des Bodenlebens der Hackschnitzel (Regenwürmer).
6. Gleichmäßige Verteilung der Hackschnitzel auf alle Mieten (Dominik Jentsch).
7. Einbringung der Holzspäne von der TU-Tischlerei.
8. Einarbeitung der Holzspäne und des Tonmehls (Dominik Jentsch/ Jonas Dreyer/ Georg Liebig).
9. Fertig durchmischte Mieten ohne Kohle.

3.2. Versuchsaufbau

Als Vorbild unseres Versuchsaufbaus haben wir uns an dem „Reckin-Prinzip“ orientiert.⁷⁸

Professor Dr. Jürgen Reckin aus Finowfurt bei Eberswalde praktiziert schon seit mehreren Jahren die Terra Preta-Herstellung mittels einer low-budget Methode. Dabei werden die Mischungsverhältnisse grob per Schubkarrenladungen abgestimmt, jedoch definiert sich seine Methode durch die intuitive Bemessung der Materialien, basierend auf Erfahrungswerten.

Dreh- und Angelpunkt seiner Methode ist der Zerkleinerer „Terra Cut 3500“, mit dem alle Materialien zerfasert werden, bevor sie der Miete beigegeben werden.

Als erstes wird in mehreren Durchgängen das Holz zerfasert bis es fein genug ist. Während der letzten Durchgänge wird noch eine Portion Holzkohle beigegeben. Dabei bestimmt sich die Menge nach der Schwarzfärbung, circa 5 Vol.-%. Nachdem das zerkleinerte Material vermengt wurde, wird auf circa eine Schubkarre eine halbe Schaufel Urgesteinsmehl beigegeben. Des Weiteren ist die Beigabe von Blauton essentiell, um Ton-Humus-Komplexe zu bilden. Bei sandigen Böden empfehlen sich zwei Schippen auf eine Schubkarrenladung, sowohl auch zwei Schippen von Kohleasche für die Bor-Konzentration. Bevor die Schubkarrenladung in die Miete eingetragen wird, muss das Material mit *Bacillus Subtilis* geimpft werden. Nach der Einarbeitung werden in regelmäßigen Abständen stickstoffhaltige Substanzen beigegeben, zum Beispiel Brennesseljauche oder fermentierter Urin. Der Umsetzungsprozess dauert je nach Jahreszeit 3-6 Monate. An der Aktivität des Edaphons der Miete (speziell der *Dendrobena* Regenwürmer) lässt sich feststellen, wann der Prozess abgeschlossen ist. Sobald die Regenwürmer die Miete verlassen haben, ist die Terra Preta fertig.

Das oben beschriebene „Reckin-Prinzip“ wurde auf unsere drei Mieten übernommen, soweit es unter der Maßgabe der Regionalität und dem low-budget“-Prinzip möglich war:

Der zeitliche Ablauf der Herstellung wird in Abbildung 3 dargestellt, die anliegende Tabelle 1 gibt Auskunft über den Bezugsort und die Einbringungsmenge. Die Versuchsflächen haben eine Dimension von 2m x 2,5m x 0,4m. Dabei wurden die Volumen-Verhältnisse per Schubkarrenladungen bestimmt. Der Inhalt einer Schubkarrenladung beträgt circa 100 Liter. Auf jeder Miete wurden acht Ladungen gleichmäßig verteilt, also circa 800 Liter Hackschnitzel. Das eher trockene untersetzte Material machte dabei die größte Menge aus. Die untersten Schichten des Depots beim Berliner Zoo beinhalteten einen hohen Anteil an Bodenorganismen (Abbildung 2). Das Ausgangsmaterial befand sich damit in heterogenen Zersetzungsgraden. Bei jedem wöchentlichen Treffen wurden die Mieten weiter bearbeitet. In zwei Treffen wurden die Holzspäne und das Blautonmehl in die Mieten eingearbeitet.

⁷⁸ RECKIN, J. (2013): Exkursion der TU-Berlin Projektwerkstatt „Permakultur und Terra Preta in der Stadt und auf dem Land“ vom 09.06.2013, Finowfurt.

Dabei bekam jede Versuchsfläche 2 Müllsäcke á 50 Liter Holzspäne und 8 Liter Blautonmehl beigemischt. Wöchentlich werden jeder Miete 5 Liter Urin beigegeben. Bisher wurde der wichtigste Bestandteil unserer Experimente, auf den sich unsere Fragestellung bezieht, noch nicht eingearbeitet: die Kohle. Sie wurde von den Wandlitzer Erden aus Brandenburg bezogen. Um die Oberfläche der Kohle zu erhöhen, wird die Holzkohle durch einen Betonmischer zu Kohlestaub weiterverarbeitet. Im Anschluss wird das zerkleinerte Material mit Bacillus subtilis geimpft, bevor es in die Mieten eingearbeitet werden kann. Außerdem muss sichergestellt werden, dass die Kohle bereits aktiviert ist. Unsere Fragestellung bezieht sich auf die Wirksamkeit der Kohle in der Herstellung von Terra Preta. Getestet wird die prozentuale Beimengung, 0%, 10% und 20%. Das Resultat sind 3 identische Kompostmieten, bei welchen nur der Kohleanteil variiert. Nach der Einarbeitung werden die Kompostregenwürmer beigefügt. Durch die Bodenaktivität wird der Zersetzungsgrad der Terra Preta bestimmt. - Der Prozess der Verarbeitung dauert je nach Jahreszeit 3-6 Monate. Nach dieser Zeit haben die Regenwürmer den Umsetzungsprozess abgeschlossen. Jede Miete umfasst ca. 900 Liter ohne Kohle.



Abbildung 3_zeitliche Reihenfolge der Bearbeitungsschritte der Mieten; Quelle eigene Darstellung.

Material	Bezugsort	Menge
Holzschnitzel	Berliner Zoo	24 Schubkarren; 8 je Miete (1 Schubkarre = 100 Liter)
Holzspäne	TU-Tischlerei	6 Müllsäcke á 50 Liter je Miete 2
Blautonmehl	Neubrandenburg Fabrik	8 Liter je Miete
Urin	eigene Herstellung	wöchentlich 5 Liter je Miete
Brennesseljauche	eigene Herstellung	wöchentlich 5 Liter je Miete
Kohle	Wandlitzer Erde, Brandenburg	325 Liter 10 Vol. % Kohle = 100 Liter 20 Vol. % Kohle = 225 Liter
Regenwürmer	Teufelsberg	unbestimmt
Bacillus subtilis	Dr. Jürgen Reckin	Beimengung Urin und Kohle

Tabelle I_Materialtabelle mit Bezugsort und Mengenangabe; Quelle eigene Darstellung.

4. Evaluation

Um die eigene Herstellung einer Terra Preta zu realisieren, bedarf es neben der Anhäufung von fundierten theoretischen Kenntnissen, durch Gespräche mit praktizierenden Experten und Recherche der umfangreichen Fachliteratur, ebenso einer gezielten und effektiven praktischen Umsetzung. Als grundlegende Arbeitsweise der Projektgruppe wurden möglichst kostengünstige und ressourcenschonende Ziele formuliert. Neben Gruppendiskussionen und der Bildung von Verantwortlichen für diverse Belange, die bei einer solchen Unternehmung unumgänglich sind, war die Planung und Finanzierung zur Sicherstellung der Hauptkomponenten einer Terra Preta wesentlicher Bestandteil der Gruppenarbeit. Bei Holzverschnitt, tierischen Fäzes, menschlichem Urin, Küchenabfällen, Mikroorganismen, Braunkohlenasche und Brennesseljauche können die Kosten ohne weiteres gering gehalten werden. Diese Beimengungen sind zumeist durch eigene Kapazitäten gegeben beziehungsweise schnell und erschwinglich zu beschaffen. Dennoch ist auf die Zusammensetzung der Hölzer (Lignin-Anteile) sowie Kontaminationen bezüglich Medikamentenrückständen im Urin, Schwermetallgehalten der Aschen, eventuell bereits vorhandenen Verunreinigungen (As, Cd, Cr, Hg, Pb)⁷⁹, Bioziden in den Küchenabfällen und so weiter zu achten.

⁷⁹ Vgl. BLUME, H.-P. et al. (2002): Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde, 15. Auflage neubearbeitet und erweitert von Hans-Peter Blume u. a., Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg und Berlin, S.461

Weitere wichtige Bestandteile der Terra Preta, wie Ton- und Gesteinsmehl und insbesondere Holzkohle, können dabei, je nach benötigter Menge, höhere Kosten verursachen. Die geogenen Anteile müssen durch die naturräumliche Ausstattung Berlins und dessen Umland mit finanziellem Aufwand beschafft werden, wobei es jedoch Unterschiede in der Zusammensetzung, die unbedingt zu berücksichtigen sind (pH-Wert, Tonmineralanteil und so weiter), gibt. Um optimale Ergebnisse erzielen zu können, muss die Holzkohle bestimmte Korngrößen aufweisen, weil dadurch die Oberfläche der Kohle und die katalytische Wirkung für den Aufbau eines Dauerhumushorizontes gesteigert werden. Durch die Holzkohle können bodenphysikalische Eigenschaften nachweislich verbessert werden und ein höheres Nährstoffspeichervermögen entsteht.^{80 81} Um dies jedoch zu gewährleisten, ist entweder ein direkter Ankauf von diversen Anbietern möglich, welche dies in größeren Mengen offerieren, oder man bemüht sich um eine eigene Herstellung mit Pyrolyse-Ofen und speziellem Häcksler. Wie unter 2.2 beschrieben, bestehen allerdings besondere Ansprüche an die Herstellung der Kohle, um den erwünschten Nutzen zu erzielen. Ideen zur eigenen Herstellung mittels selbstgebauter Pyrolyse-Öfen wurden in der Gruppe besprochen, aber bald, auf Grund von folgenden Punkten, wieder verworfen: um die benötigten Mengen zu pyrolysieren, wäre ein enormer Zeitaufwand notwendig; im Falle von größer gebauten Pyrolyse-Öfen bestünde außerdem ein hohes Risiko durch freiwerdende Hitze und die Ansprüche an beispielsweise den Temperatur-Verlauf der Pyrolyse hätten wir mit unseren Mitteln nicht gewährleisten können. Was die benötigten Korngrößen betrifft, so können die hierbei entstehenden Probleme auch nicht leicht kompensiert werden. Herkömmliche Gartenhäcksler, Rasenmäher oder Küchenmixer führen entweder zu grobkörnigen Ergebnissen oder können schlichtweg nicht die benötigte Menge an zerkleinertem Material bereitstellen. Die Anschaffung eines geeigneten Häckslers führt jedoch zu hohen Kosten, welche im Rahmen der Projektwerkstatt nicht ohne finanzielle Mittel von externen Geldgebern zu realisieren ist. Solche Maschinen sind des Weiteren von Vorteil bei der Homogenisierung der Bestandteile, was den Entwicklungsstand des Gemisches vorantreibt und somit zu schnelleren Ergebnissen führen kann.

Es zeigt sich, dass die Inputstoffe zur Etablierung einer Terra Preta unterschiedliche monetäre und zeitliche Anforderungen beinhalten und somit die entscheidende, logistische Herausforderung darstellen.

80 Vgl. KIRFEL, K. (2012): Masterarbeit: Untersuchungen zur Eignung von Aktivkohle zur Verbesserung ausgewählter physikalischer Bodeneigenschaften, S. 8-10, Berlin

81 Vgl. MÜLLER-BEBLAVY, C. (2009): Die Bedeutung von Böden und Humus im Kohlenstoffkreislauf, In: Die neue Terra Preta – Zukunft der Landnutzung! S.13

Für den Einsatz der Terra Preta ist auch zu beachten, dass sich die Wirkungen von Terra Preta unterscheiden, je nachdem in welche Substrate sie eingearbeitet werden, wenn sie in einer solchen Form etabliert werden sollen. So sind bei Mischungen von Terra Preta mit natürlich gebildeten Böden Wechselwirkungen zwischen den physikalischen und chemischen Eigenschaften (wie Porenvolumen, Kationenaustauschkapazität oder pH-Wert) des Bodensubstrats und der Terra Preta zu berücksichtigen. Dafür sollten vor dem Einmischen von Terra Preta genügend Informationen über den betreffenden Boden vorliegen. Auch die bereits erwähnten möglichen Kontaminationen (siehe oben), wie es im städtischen Raum häufiger der Fall ist⁸², sollten insbesondere bei den Mengenverhältnissen der Beimischungen und der Tiefe der Einarbeitung mit bedacht werden.

Wie aus dem Versuchsaufbau ersichtlich, wurden überwiegend regionale Produkte mit geringem Transportaufwand bevorzugt verwendet. Hilfreich dabei waren insbesondere die unmittelbar angrenzenden Abfallanlagen des Berliner Zoos (tierischer Dung, Häckselschnitt) und die Fertigungsreste (Holzspäne, Holzreste) einer benachbarten Schreinerei. Die Holzigen Bestandteile waren durch diese Vorgehensweise auch gesichert frei von schädlichen Pilzen (zum Beispiel Actinomyceten), welche gelegentlich eine Gefahr bei der Entnahme aus dem Wald darstellen können.⁸³ Dennoch sollten auch die Holzanteile ausreichend zerkleinert sein, was bei der Auswahl des einzuarbeitenden Materials Berücksichtigung fand.

Die errechneten Mengen für die jeweiligen Terra Preta Mieten ermöglichten eine Kalkulation des Bedarfs für die Umsetzung. Diese konnten teilweise mit den zur Verfügung stehenden Gerätschaften des TU Gartens transportiert und eingearbeitet werden. Nach dem Ansetzen der Kompostmieten reduziert sich der Arbeitsaufwand bis auf die regelmäßigen Beigaben von stickstoffhaltigen Lösungen (Brennnesseljauche, verdünnter Urin und so weiter) zur Optimierung des C/N-Verhältnisses. Im nächsten Schritt können, sobald pH-Wert und C/N-Verhältnis herabgesetzt wurden, verschiedene Bodenlebewesen eingesetzt werden. Zum einen ist der Dauerhumus an die Nährstoffversorgung (KAK_{pot} , C/N-Verhältnis)⁸⁴ gebunden, jedoch auch die Bodenfauna nimmt eine entscheidende Rolle bei der Humusqualität ein. Neben den bereits aktiven Lebewesen des Edaphons (Bakterien (1- 10

82 Vgl. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin (Hrsg.), (1992) http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/d1033_04.htm [letzter Zugriff: 08.07.2013]

83 Vgl. RECKIN, J. (2013): Exkursion der TU-Berlin Projektwerkstatt „Permakultur und Terra Preta in der Stadt und auf dem Land“ vom 09.06.2013, Finowfurt

84 Vgl. Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden(2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten, 5. Auflage, Hannover, S.372

µm), Pilze, Milben (0,5-1mm), Springschwänze, Fadenwürmer und Asseln)⁸⁵, welche in ihrer Zusammensetzung und Bedeutung noch unzureichend untersucht sind, können nun auch größere Arten des belebten Erdreichs zugegeben werden. Von eminenter Bedeutung sind hierbei Regenwürmer, welche die Bodenzusammensetzung und -struktur meliorieren. Neben dem Umsatz der anorganischen und organischer Substanz können so Wurmlösungsgefüge erzeugt werden, welche im Weiteren die Infiltration und Verfügbarkeit von Bodenluft begünstigen und eine stabile Struktur des Bodens bewirken.⁸⁶ Die Würmer können durch eigene Aufzucht oder Ankauf (zum Beispiel Ökowerk Teufelssee, Berlin-Grünwald) bereitgestellt werden.

Betrachtet man die Quantität sowie die qualitativen Ansprüche, welche an die einzubringenden Bestandteile gestellt werden, stellt sich die Frage nach der Effektivität der Methode und der flächenhaften Anwendung für eine autarke Nahrungsmittelversorgung durch einen solchen Boden. Die Arbeitsgruppe Terra Preta konnte durch die Initiative ihrer Mitglieder die bereits ausführlich erläuterten Testmieten realisieren. Durch die unterschiedlichen Mischungsverhältnisse der Bestandteile sollen, im weiteren Verlauf des Projektes, die Wirksamkeit der Holzkohle und die Eigenschaften der anderen organischen Komponenten in Wechselwirkung mit den anorganischen Anteilen experimentell ermittelt werden. Bisher konnten durch den hohen Zeitaufwand, welcher mit der Entstehung einer Terra Preta einhergeht, keinerlei Pflanzversuche zur Validierung der fruchtbaren Wirksamkeit des anthropogen initiierten Bodens unternommen werden.

Daher können in dieser Betrachtung lediglich Vorgehensweise, zeitliche und finanzielle Möglichkeiten der Arbeitsgruppe, Verfügbarkeit von Ressourcen für die Herstellung und erste Beobachtungen evaluiert werden. Die abschließende Betrachtung folgt nun im folgenden Teil, wobei neben den bestehenden Erkenntnissen auch zukünftige Aufgaben Beachtung finden.

85 Vgl. KERPA, K.-D. (2002): Das Bodenleben, - als Beispiel der Regenwurm , In: Boden - Bodenschutz und Bodenleben im Kleingarten, Schriftenreihe des Bundesverbandes Deutscher Gartenfreunde e.V., Berlin (BDG), 24. Jahrgang, S. 95-99, Halle

86 Vgl. BLUME, H.-P. et al. (2002): Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde, 15. Auflage neubearbeitet und erweitert von Hans-Peter Blume u. a., Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg und Berlin, S. 337

5. Ausblick

Im Laufe des nächsten Semesters können mit der fertigen Terra Preta Untersuchungen durchgeführt werden.

Hierunter fallen sowohl Untersuchungen der Erde selbst und Pflanzversuche sowie Mischversuche der Terra Preta mit verschiedenen Böden. Alternativ kann man auch sagen, dass man das Gesamtsystem „Bodenfruchtbarkeit“ untersuchen möchte. Denn „Bodenfruchtbarkeit ist der Wirkungsanteil des Bodens an der Ertragsbildung“⁸⁷ (Peter Kundler), also an der Pflanze. Klaus-Ulrich Heyland drückt es folgendermaßen aus. „Die Bodenfruchtbarkeit ist die natürliche Fähigkeit eines Bodens, dauerhaft hohe pflanzliche Erträge hervorzubringen, ohne dass eine besondere Förderung des Wachstums z. B. durch Bewässerung oder Düngung von außen erfolgt“.⁸⁸ In beiden Fällen bezieht sich die Bodenfruchtbarkeit auf den Ertrag der Pflanze, dessen Nährsubstrat der Boden ist. Genauer gesagt, bestimmt die Bodenfruchtbarkeit, wie eine Pflanze wächst. Anhand dieser Funktionalität bewertet man Böden als fruchtbar. Doch welche Eigenschaften können gemessen werden, um die Bodenfruchtbarkeit der Substrate zu bewerten?

Dafür werden im Folgenden zwei verschiedene Methoden beschrieben. Wobei Erstere aus eigener Überlegung entstand. Anlehnend an Kundlers Definition, könnte man das Wachstum der Pflanze beobachten, um von der äußerlichen Erscheinung auf die Bodenfruchtbarkeit zu schließen. Genauer bedeutet das, man müsste das Keimverhalten, die Streckung der Pflanze und die Ausbildung unterschiedlicher Pflanzenorgane (Blatt [dazu gehört auch die Frucht], Stiel und Wurzel) exakt protokollieren. Es müssen sehr genau der Zeitpunkt, die Länge, das Feuchteverhältnis des Bodens sowie die Einschätzung der Sonnenstrahlungsintensität und -dauer dokumentiert werden. Das zeitliche Intervall der Messung muss im Vorhinein festgelegt und dann streng eingehalten werden. Beispielsweise könnte jede Woche am gleichen Tag, zur gleichen Uhrzeit gemessen werden.

Bei der anderen Methode wird der Zustand des Bodens anhand seiner chemischen, biologischen und physikalischen Eigenschaften beschrieben. Hier wird zwischen standortabhängigen und standortunabhängigen Faktoren unterschieden. Das Klima, das heißt: Temperatur, Lichtstrahlungsdauer, Stickstoff- und Kohlenstoffdioxidgehalt der Luft und Niederschlag, Inklination und Exposition des Standorts, Ausgangsgestein und Menge der im Boden lebenden Schädlinge zählt man zu ersteres. Diese Faktoren müssen bei der Untersuchung der TerraPreta-Substrate nicht berücksichtigt werden,

87 KUNDLER, P. (1989), Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, S. 26

88 HEYLAND, K., (1996), Spezieller Pflanzenbau, Verlag Eugen Ulmer, S. 47

solange man eine vom Standort unabhängige Bewertung der Böden haben möchte. Voraussetzung dafür wäre eine Untersuchung verschiedener Substrate auf dem gleichen Standort.⁸⁹

Unter standortunabhängigen Faktoren versteht man den Gehalt an pflanzenverfügbaren Makro- (P, K, Mg, Ca, N, S) und Mikronährstoffen (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, Co, Ni, B), den CaCO₃-Gehalt, das C/N-Verhältnis, die Kationenaustauschkapazität (KAK), die Wasserspeicherkapazität und Temperaturleitfähigkeit, den pH-Wert, die Aktivität der Mikroorganismen und Regenwürmer, den Ton-Gehalt, den Durchdringungswiderstand, die Porengrößen und den Gehalt an organischem Kohlenstoff (C-org).⁹⁰

Die verschiedenen Verfahren der Messungen zu beschreiben würde den Rahmen dieser Belegarbeit sprengen. Diese müssen folglich von den Studenten in der Fachlektüre nachgelesen werden.

Grundlegend kann man sagen, dass beide Methoden ihre Vor- und Nachteile haben. Anhand dieser sollte abgewogen werden, welche Methode sich für das spezifische Ziel eignet.

Erstere hebt sich durch ihre Einfachheit hervor. Sie setzt keine tiefen naturwissenschaftlichen Kenntnisse voraus und kann somit selbst von Laien nachvollzogen werden. Außerdem verursacht diese Methode weder große Kosten noch Aufwand. Die wöchentliche Messung von drei Pflanzen kann unkompliziert im Rahmen eines Studienmoduls vollzogen werden.

Doch was von Vorteil bei der Durchführung ist, wirkt sich negativ auf die Qualität der Bewertung aus. Die Einschätzung der Sonnenintensität ist sehr subjektiv beeinflusst und eine technische Messung würde erhebliche Kosten hervorrufen. Hinzu kommt, dass der Zustand der Pflanze keine direkt übertragbare Aussage auf die Qualität des Bodens zulässt. Es könnte beispielsweise sein, dass sich die Wurzeln einer Pflanze, wegen eines Widerstands, nicht so gut entwickeln, wie die der anderen Pflanzen. Somit hat sie nicht die gleiche Möglichkeit, an verfügbare Nährstoffe zu kommen und leistet folglich einen geringeren Ertrag. Dieser Minderertrag könnte dann fälschlicherweise in der geringeren Qualität des Substrats begründet werden.

Bei der anderen Methode, der Messung der Bodeneigenschaften, ergibt sich der Vorteil einer enorm genauen und aussagekräftigen Bewertung. Andererseits erfordert sie ausreichend technische und naturwissenschaftliche Kenntnisse sowie die Verfügbarkeit eines Labors. Außerdem kann dieses Verfahren hohe monetäre Kosten hervorrufen.

⁸⁹ Vgl. KUNDLER, P., (1989), Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, S.87

⁹⁰ Vgl. ebd.

Letztlich sollte man sich anhand der finanziellen verfügbaren Mittel der Projektwerkstatt sowie der technischen und naturwissenschaftlichen Kenntnisse der Studenten für eine der beiden Methoden entscheiden.

Im Laufe des nächsten Semesters können mit der fertigen Terra Preta Untersuchungen durchgeführt werden. Hierunter fallen sowohl Untersuchungen der Erde selbst – Bodenuntersuchungen zum Edaphon, zu pH-Wert, Porenvolumen, nutzbarer Feldkapazität (allerdings wären bei detaillierteren Untersuchungen des Substrats die Nutzung eines Labors notwendig), Pflanzversuche, sowie Mischversuche der Terra Preta mit verschiedenen Böden.

Durch die Zusammenarbeit mit einem Labor, wäre es möglich die Laborergebnisse in die Hypothese zu den Pflanzversuchen mit einfließen zu lassen um diese im Voraus zu präzisieren. Allerdings werden auch ausreichend Voruntersuchungen vor Ort möglich sein, um die Pflanzversuche auswerten zu können.

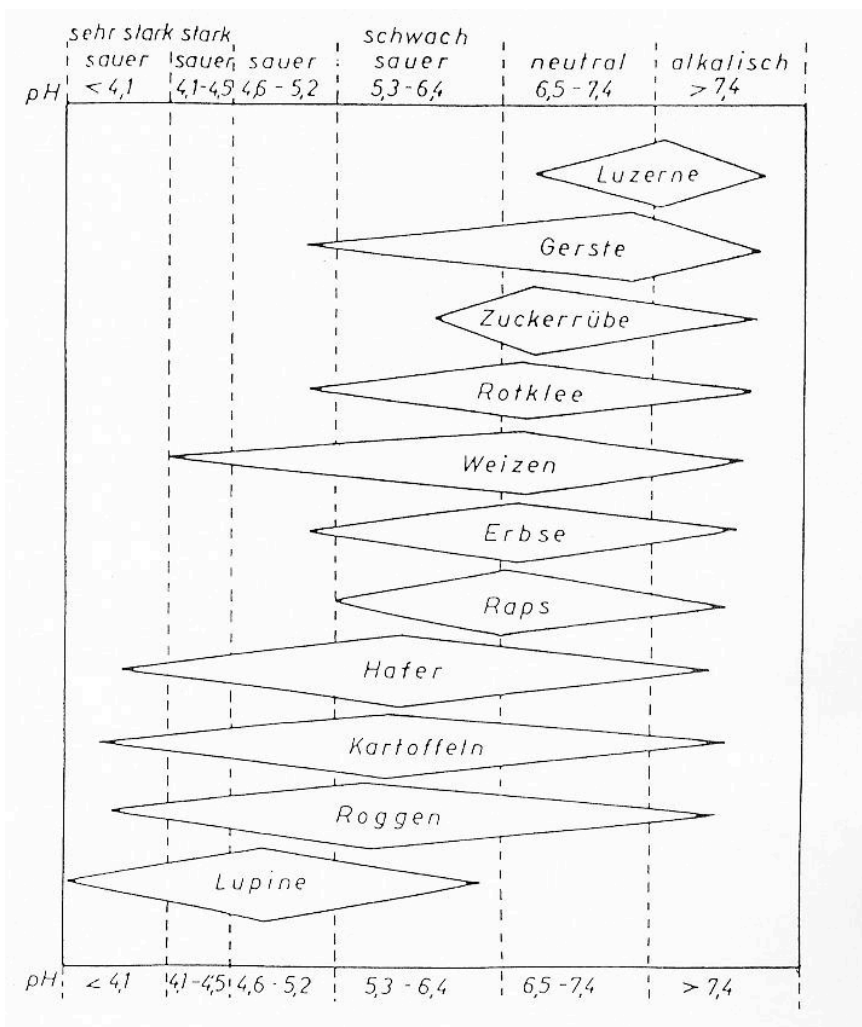


Abbildung 4_ PH-Wert Spektren von diversen Nutzpflanzen (KLAPP, 1967; MÜCKENHAUSEN, 1993).

Unabhängig von der Wahl der Methode muss darauf geachtet werden, dass alle anderen Faktoren wie zum Beispiel Standort, Bewässerung der Pflanzen und Volumen des möglichen Wurzelraums – kurz: alle Faktoren, die einen Einfluss auf den Ertrag der Pflanzen haben können - gleich gehalten werden. Des Weiteren sind für die Pflanzversuche die Wahl der Pflanzen sowie eine genügend große Stichprobe je Versuchsaufstellung von großer Bedeutung. Es sollten verschiedene Pflanzen mit Unterschieden in Hinblick auf ihre physiologischen Eigenschaften und somit ihren Anforderungen an den Boden/das Substrat gewählt werden. Zum Beispiel könnten die Säuretoleranzen der gewählten Pflanzen beachtet werden. Folgende Grafik zeigt für eine Auswahl an Kulturpflanzen unter sonst günstigen Wachstumsbedingungen Optima und Toleranzbereiche in Bezug auf den Substrat-pH-Wert.

Zudem müssen die verschiedenen Ansprüche der Pflanzen an die Nährstoffversorgung beachtet werden. So bedarf Kohlrabi beispielsweise einer nahezu dreimal höheren Menge an Stickstoff als Feldsalat.⁹¹

Die vorangegangenen Beispiele sollen verdeutlichen, dass die Wahl der Pflanzen einen erheblichen Einfluss auf die Ergebnisse der Pflanzversuche haben und daher sorgfältig und in Anlehnung an die vorangegangenen Substratuntersuchungen gewählt werden sollten.

Die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen und Pflanzversuche werden in erster Linie Aufschluss über die Auswirkungen der unterschiedlichen Zusammensetzungen der Mieten geben, nämlich welche Bedeutung die Holzkohle als Bestandteil der Terra Preta hat. Dadurch werden auch Ideen zur Handhabung und Optimierung der Zusammensetzung eventuell zukünftiger Mieten gegeben.

Des Weiteren ermöglichen die Ergebnisse eine Prognose zu „low-budget“-hergestellter Terra Preta als eine geeignete Grundlage und entscheidende Komponente der GartenCoop und damit des Endergebnisses der Projektwerkstatt. Hierzu sind aber ein Austausch mit den anderen Terra-Preta-Gruppen und eine gründliche Auseinandersetzung mit den Herangehensweisen, Untersuchungen und Ergebnissen der anderen Arbeiten von zwingender Notwendigkeit. Nach unserer Hypothese weist unsere selbst hergestellte „low-budget“-Terra Preta gleiche oder ähnlich verbesserte Pflanzenwachstumsbedingungen, wie es sich bisher aus anderen Untersuchungen mit Terra Preta gezeigt hat, auf.⁹² Dies ist besonders in Anbetracht der Tatsache, dass die GartenCoop lokal und damit im städtischen Raum etabliert werden soll, von Bedeutung, da es nur begrenzt Flächen gibt, um

91 Vgl. Bayerische Gartenakademie(Hrsg.)(2011): Leitfaden für die Düngung im Garten – In fünf Schritten zur erfolgreichen Düngung S. 31

92 Vgl. VERHEIJEN et al., (2010). Biochar application to soils. A critical Scientific review of effects on soil properties, processes and functions. EUR 24099 EN, Office for the official publications of the European Communities, Luxembourg. 149 pp.

Nahrungsmittel anzubauen und diese ohne den Einsatz von künstlichen Düngemitteln oder Pflanzenschutzmitteln ertragreich sein sollen.

Für langfristige Untersuchungen der sich momentan im Prozess befindenden, selbst hergestellten Terra Preta-Mischungen und eventuell zukünftig angelegter Terra Preta wären auch Pflanzversuche auf verschiedenen Terra-Preta-Boden-Mischungen denkbar. In diesem Zusammenhang wären auch Vergleichsversuche von Ausgangssubstrat mit und ohne Terra Preta-Beimischungen interessant. Außerdem könnten in längeren Untersuchungen auch die langfristigen Wechselwirkungen der Terra Preta mit dem Ausgangsgestein beobachtet werden.

Um unsere jetzige Fragestellung – welche Bedeutung die Kohle als Bestandteil hat – weiterzuführen, wäre es in Zukunft auch denkbar, Vergleichsversuche von verschiedenen Humusarten, unter Einbindung der eigenen Terra Preta, aber auch der Bokashi-Mischungen der anderen Terra-Preta-Gruppen, durchzuführen. Hier ist zu beachten, dass den Bokashi-herstellenden Gruppen zufolge das Endprodukt starke Unterschiede aufweist, je nachdem welche Ausgangsstoffe und Mengenverhältnisse zur Herstellung benutzt wurden. Durch weiterführende Untersuchungen der verschiedenen anthropogen erzeugten Substrate, besonders hinsichtlich der chemischen und physikalischen Unterschiede, können „best-practice“-Methoden entwickelt werden. Denkbar wären auch Verbindungen der unterschiedlichen Methoden.

Als nicht zu vernachlässigenden Teil unserer Arbeit in diesem Semester können wir an zukünftige neue Teilnehmer der Projektwerkstatt und andere Interessierte einiges an „Know-How“ weitervermitteln. Darunter fallen erprobte Verfahren zur Zerkleinerung, Aufbereitung und Vermischung der Komponenten, wobei sowohl die theoretischen Grundlagen als auch die praktische Umsetzung erarbeitet wurde. Des Weiteren sind die grundlegenden Informationen zur optimalen Gestaltung der Mengenverhältnisse zusammengetragen worden. Auch die etablierten Kontakte zu Kooperationspartnern, welche bei der Beschaffung der einzelnen Bestandteile, der Bereitstellung von Geräten und Werkzeugen und durch tatkräftige Hände im Laufe des Semesters mitgewirkt haben, werden auch zukünftig von großem Wert sein.

6.Fazit

Im Verlauf der Projektwerkstatt der TU Berlin zu Permakultur und Terra Preta, haben wir im vergangenen Semester Informationen zusammengetragen und erste Feldversuche zur selbstorganisierten Herstellung von Terra Preta, hauptsächlich nach dem Verfahren von Dr. Jürgen Reckin, vorgenommen.

Aus der Literatur ergibt sich keine eindeutige Vorteilhaftigkeit des Einsatzes von Terra Preta-Substrat und Terra-Preta-Kompostierverfahren. Eine gewünschte Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit kann in einigen Fällen nicht nachgewiesen werden. Die Komplexität der ablaufenden Prozesse ist hoch und auch aufgrund der jungen Wissenschaft viele Wirkungszusammenhänge noch nicht bekannt oder erforscht. Jedoch zeigt die Recherche ein hohes Potential, lokale Ressourcen, v.a. Abfallprodukte, bei der Produktion von Terra Preta zu nutzen und somit Stoffkreisläufe lokal und meist kostengünstig zu schließen.

Als Ergebnis der praktischen Arbeit des vergangenen Semesters wurden drei Mieten angelegt, deren Bestandteile größtenteils aus der näheren Umgebung stammen und für deren Beschaffung ein vernachlässigbar geringer finanzieller und Zeit-Aufwand notwendig war. Das Aufsetzen der Mieten nach den Methoden Dr. Reckins erschien uns so unkompliziert wie andere Kompostierverfahren, sodass keine besonderen, fachlichen Kenntnisse nötig waren. Für die eingearbeiteten Bestandteile sei also erwiesen, dass es nach den Prinzipien des „low-budget“ und der lokalen Stoffkreisläufe möglich ist, Terra Preta zu erstellen.

Allerdings gilt dies nicht unbedingt für den wichtigen Bestandteil Pflanzkohle. Deren kostengünstige Beschaffung stellte uns vor große Herausforderungen, welche im Vorangegangenen erläutert wurden. Letztlich musste, nach höherem Zeitaufwand, durch den Bezug der Pflanzkohle über die Firma Wandlitzer Erde in Brandenburg ein Kompromiss hinsichtlich des finanziellen Aufwands gemacht werden, um das Substrat im nächsten Semester für die weiteren Untersuchungen fertig zu haben. Daher mussten die gewünschten Untersuchungen des Substrats und besonders des Teils unserer Fragestellung, welche Substratverbesserung die Kohle als Bestandteil der Terra Preta nach sich zieht, ins kommende Semester verschoben werden.

7. Quellen

7.1. Literaturverzeichnis

- Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden(2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten, 5. Auflage, Hannover.
- Arendt, H. (1998): Vita activa oder: Vom tätigen Leben; München 10. Auflage 1998.
- Bayerische Gartenakademie (2011): Leitfaden für die Düngung im Garten – In fünf Schritten zur erfolgreichen Düngung, 2. Bericht der Bayerischen Gartenakademie, Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
- Binswanger, H.C. (1972): Ökonomie und Ökologie – neue Dimensionen der Wirtschaftstheorie; erschienen in: Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik Band 108 III, S. 251-281
- Boulding, K. (2006): Die Ökonomik des zukünftigen Raumschiffs Erde, erschienen in: Höhler S. und Luks F. 2006: Beam us up, Boulding! – 40 Jahre Raumschiff Erde, Karlsruhe 2006.
- Blume, H.-P. et al. (2002): Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde, 15. Auflage neubearbeitet und erweitert von Hans-Peter Blume u. a., Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg und Berlin.
- Daniel, F. & Glaser, B. (2012): Synergism between compost and Biochar for Sustainable soil Amelioration, Management of Organic Waste. Kumar. S. (Ed.).
- Downie A., Crosky A. und Monroe P. (2009): Physical Properties of Biochar; in Lehmann, J., & Joseph, S. (Hrsg.): Biochar for environmental management: science and technology. Earthscan, 2009, S. 13-32.
- Downie A. E., Zwietering L.V., Smernik R.J., Morris S. und Munroea P.R. (2011): Terra Preta Australis: Reassessing the carbon storage capacity of temperate soils. In: Agriculture, Ecosystems and Environment 140 (2011), S. 137–147.
- Factura, H.; Bettendorf, T.; Buzie, Ch.; Pieplow, H.; Reckin, J.; Otterpohl, R. (2010): Terra Preta sanitation: re-discovered from an ancient Amazonian civilisation – integrating sanitation - bio-waste management and agriculture. In: Water Science & Technology, 61 (10), S. 2673-2679.
- Glaser B. und Birk J.J. (2012): State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (terra preta de Indio). In: Geochimica et Cosmochimica Acta 82 (2012), S. 39–51.
- Glaser B., Haumaier L., Guggenberger G. und Zech W. (2001): The “terra preta” phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. In: Naturwissenschaften 88(1), S. 37–41.
- Held, M (2011): Peak Oil und die Krise der Böden - urbane Nutzgärten und ihr Beitrag zu einer postfossilen Gesellschaft, In: Müller, C (Hrsg.): Urban Gardening die Rückkehr der Gärten in die Stadt, S. 292 – 304, oekom, München.
- Heyland, K., (1996), Spezieller Pflanzenbau, Verlag Eugen Ulmer.

- Jaffé R, Ding Y, Niggemann J, Vähätalo A.V., Stubbins A., Spencer R.G.M., Campbell J. und Dittmar T. (2013): Global Charcoal Mobilization from Soils via Dissolution and Riverine Transport to the Oceans. In: Science 2013: S. 345- 347.
- Jeffery, S.; Verheijen, F.G.A.; van der Verde, M.; Bastos, A.C. (2011): A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. In: Agriculture, Ecosystems and Environment 144.1, S. 175-187.
- Kammann, C. (2011): Chancen und Risiken von Pflanzenkohle. In: Ithaka Journal 1/ 2011, S. 75–82 (2011). <http://www.ithaka-journal.net/chancen-und-risiken-von-pflanzenkohle> [Letzter Zugriff: 23.07.2013].
- Kerpa, K.-D. (2002): Das Bodenleben, - als Beispiel der Regenwurm , In: Boden - Bodenschutz und Bodenleben im Kleingarten, Schriftenreihe des Bundesverbandes Deutscher Gartenfreunde e.V., Berlin (BDG), 24. Jahrgang, S. 95-99, Halle.
- Kirfel, K. (2012): Masterarbeit: Untersuchungen zur Eignung von Aktivkohle zur Verbesserung ausgewählter physikalischer Bodeneigenschaften, Berlin.
- Kundler, P. (1989), Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- Lehmann, J. (2007): A handful of carbon. In: Nature, Vol. 447, No. 7141. S. 143-144 (2007). <http://www.nature.com/nature/journal/v447/n7141/full/447143a.html#B5>. [Letzter Zugriff: 20.07.2013].
- Li D.; Hockaday, W.C.; Masiello, C. A.; Alvarez, P.J.J. (2011): Earthworm avoidance of biochar can be mitigated by wetting, In: Soil Biology and Biochemistry, 2011, Vol.43(8), S. 1732-1737.
- Müller-Beblavy, C. (2009): Die Bedeutung von Böden und Humus im Kohlenstoffkreislauf, Palaterra, http://www.das-gold-der-erde.de/fileadmin/Documents/Downloads/TP_Artikel_Kohlenstoffkreislauf_05_01.pdf [Letzter Zugriff: 11.07.2013].
- Paech, N. (2005): Nachhaltigkeit zwischen Dematerialisierung und Ökologisierung: Hat sich die Wachstumsfrage erledigt?, erschienen in: Natur und Kultur 6/1, <http://www.umweltethik.at/download.php?id=322> [Letzter Zugriff: 28.07.2013].
- Reckin, J. (2012): Terra Preta – Die legendäre Schwarzerde der Indios von Amazonien. in: NATÜRLICH GÄRTNERN & ANDERS LEBEN – Mai/Juni 2012, Organischer Landbau Verlag
- Scheub, U., Pieplow, H., Schmidt, H.P. (2013): Terra Preta. Die schwarze Revolution aus dem Regenwald, oekom, München
- Schmidt HP (2011a): Pflanzenkohle. In: Ithaka Journal 1/ 2011, S. 75–82 (2011). <http://www.ithaka-journal.net/pflanzenkohle> [Letzter Zugriff: 25.07.2013].
- Schmidt HP (2011b): Wege zu Terra Preta – Aktivierung von Pflanzenkohle. In: Ithaka Journal 1/ 2011, S. 28–32 (2011). <http://www.ithaka-journal.net/wege-zu-terra-pret-aktivierung-von-biokohle> [Letzter Zugriff: 25.07.2013].
- Verheijen et al., 2010. Biochar application to soils. A critical Scientific review of effects on soil properties, processes and functions. EUR 24099 EN, Office for the official publications of the European Communities, Luxembourg

- Wardle, D.A., Nilsson M.-C. und Zackrisson O. (2008): Fire-derived charcoal causes loss of forest humus. In: Science, 320, S. 629
- Winsley, P. (2007): Biochar and bioenergy production for climate change mitigation. In: New Zealand Scientific Review 64.1, S. 5-10.
- Zimmerman A. R., Gao B. und Ahn M-Y (2011): Positive and negative carbon mineralization priming effects among a variety of biochar-amended soils. In: Soil Biology and Biochemistry, Volume 43, Issue 6, S. 1169-1179.

7.2. Internetquellenverzeichnis

- Akademie der Künste (Hrsg.) (2010): Terra Preta / Dunkle Erde, http://www.adk.de/de/aktuell/veranstaltungen/?we_objectID=25357 (letzter Zugriff: 29.07.2013)
- Böttcher, J. (o. J.): Terra Preta – die Schlüsselinnovation des Jahrhunderts, Palaterra, http://www.das-gold-der-erde.de/fileadmin/Documents/Downloads/Terra_Preta_-_Schluesselinnovation_des_Jahrhunderts.pdf [Letzter Zugriff: 13.07.2013].
- Müller-Beblavy, C. (2009): Die Bedeutung von Böden und Humus im Kohlenstoffkreislauf, Palaterra, http://www.das-gold-der-erde.de/fileadmin/Documents/Downloads/TP_Artikel_Kohlenstoffkreislauf_05_01.pdf [Letzter Zugriff: 11.07.2013].
- Ollendorf (2012): Terra Preta – Entstehungsprozess und ein mögliches Herstellungsverfahren, Exkursionsbericht zu Dr. Reckin. http://wendepunktukunft.org/wp-content/uploads/2012/07/TerraPreta_Exkursion_DrReckin-3.pdf. [Letzter Zugriff: 26.07.2013].
- Scheub, U. (2010): Blühende Landschaften - Die besonderen Potenziale von Terra Preta, TAZ online, <http://www.taz.de/!61534/> [letzter Zugriff: 28.07.2013]
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin (Hrsg.) (1992): TITEL http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/d1033_04.htm [letzter Zugriff: 08.07.2013]

7.3. Bildquellen

Abbildung 1_ GoogleMaps Karte, Ausschnitt Berlin, Standort des TU-Gartens = Rosa Punkt; Quelle <https://maps.google.de>

Abbildung 2_ Bildreihe des Entstehungsprozesses (Dreyer); Quelle eigene Darstellung.

Abbildung 3_ Zeitliche Reihenfolge der Bearbeitungsschritte der Mieten (Dreyer); Quelle eigene Darstellung.

Abbildung 4_ PH-Wert Spektren von diversen Nutzpflanzen (KLAPP, 1967; MÜCKENHAUSEN, 1993).