



TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN

FAKULTÄT VI PLANEN BAUEN UMWELT

INSTITUT FÜR

LANDSCHAFTSARCHITEKTUR UND UMWELTPLANUNG

FACHGEBIET LANDSCHAFTSARCHITEKTUR.FREIRAUMPLANUNG

Belegarbeit

Gruppe: Terra Preta TU-Garten

Wintersemester 2013/2014

Julia Brodersen	HU-Berlin
Jana Boehme	FU-Berlin
Habip Karatas	TU-Berlin
Fabian Lambertz	TU-Berlin
Nadine Scharf	FU-Berlin
Christian Wernitz	TU-Berlin

Betreuung durch:

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

Abgabe: 31.März 2014

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis.....	i
Abbildungsverzeichnis.....	i
Abkürzungsverzeichnis.....	i
1. Einleitung.....	1
2. Terra Preta.....	3
3. Effektive Mikroorganismen.....	5
4. C/N-Verhältnis.....	8
5. Pflanzversuche	11
5.1 Licht- bzw. Schattenverträglichkeit	11
5.2 Nährstoffanspruch.....	12
5.3 Pflanzenfamilie.....	12
5.4 Verträglich der Gemüsearten untereinander.....	12
5.5 Erntezeit und Pflanzengröße.....	12
5.6 Durchführung.....	12
5.7 Untersuchungen.....	13
6. Hochbeete	14
7. Bewässerung	16
7.1 Kapillarbewässerung.....	16
7.2 Sören.....	16
7.3 Aquabox.....	17
7.4 Flaschenbewässerung.....	18
7.5 Tonkegelbewässerung.....	19
8. Laboruntersuchungen.....	20
8.1 Nährstoffe.....	20
8.2 Kohlenstoffgehalt.....	21
8.3 Schadstoffe.....	21
8.4 Kationenaustauschkapazität.....	21
8.5 pH-Wert.....	22
8.6 Wasserhaushalt.....	22
8.7 Biologische Aktivität.....	22
9. Zusammenfassung und Ausblick.....	23
Quellenverzeichnis.....	ii

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 – C/N-Verhältnisse verschiedener organischer Materialien. Eigene Darstellung nach: Daenecke (2004), Laaß (o.J.), Baake (o.J.)

Tabelle 2 – Aufbau der Pflanzversuche: Konzept 1 (vollschattiger bis halbschattiger Standort). Eigene Darstellung nach: Landwirtschaftliches Zentrum Ebenrain (2012), Meyer-Rebentisch (2014), BIOZAC (2001), Wiermann (2012)

Tabelle 3 – Aufbau der Pflanzversuche: Konzept 2 (sonniger Standort). Eigene Darstellung nach: Landwirtschaftliches Zentrum Ebenrain(2012), Meyer-Rebentisch (2014), BIOZAC (2001), Wiermann (2012)

Tabelle 4 – Pflanzenmakro- und -mikronährstoffe. Eigene Darstellung nach: Ipsen (2009)

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 – Einarbeitung der Pflanzenkohle

Abb 2 – grüne Stadt-Planungsgemeinschaft/ CC BY SA
(<http://gruenestadtplanung.wordpress.com>)

Abb. 3 – AQUAboxSpyderbyAutoPot
(<http://www.autopot.co.uk/aquabox-spyder-detail>)

Abb. 4 – IDRIS – therevolutionaryClaberideaforpotplants
(<http://idris.claber.com/en>)

Abb 5 – IDRIS – therevolutionaryClaberideaforpotplants
(<http://idris.claber.com/en>)

Abb 6 – Tonkegel (<http://www.blumat-shop.de>)

1. Einleitung

„Die schwarze Revolution aus dem Regenwald“. So titelt ein hervorragendes und inspirierendes Buch über Terra Preta (schwarze Erde) – über ihre Entstehung, Wirkungsweise und Bedeutung für unseren Planeten (Scheub, 2013, S.3).

„In den 1960er Jahren entdeckten Forscher am Zusammenfluss von Amazonas, Rio Negro und Madeira eindeutig Überreste großer vorkolumbianischer Zivilisationen. Noch immer voller Zweifel zogen die Wissenschaftler später zu neuerlichen Bodenuntersuchungen aus, um eine Erklärung dafür zu finden, wie die vielen Bewohner dieser Städte sich hatten ernähren können. So stießen sie schließlich auf die Terra Preta do Indio.“ (Scheub, 2013, S.41)

Von der Nutzung dieser Erkenntnisse ist in der westlichen, industriell geprägten Landwirtschaft selbst mehr als 50 Jahre nach dieser wertvollen Entdeckung nichts festzustellen. Die Böden der Agroindustrie werden heute regelmäßig u.a. mit synthetischem Phosphor- und Stickstoff-Dünger versehen. Dabei könnte eine weitgehende Erforschung des fruchtbaren Erdhorizonts aus Amazonien den Nahrungsmittelanbau der Welt dauerhaft steigern.

Nach Jahren der „modernen“, inzwischen konventionellen Landwirtschaft scheint nun ein Aufbegehren um die Welt zu gehen. Permakultur findet seine Entwicklung rund um den Planeten und ein Umdenken in der humanoiden Lebensweise tritt ein. Menschen machen sich die Auswüchse des Klimawandels, den unterbrochenen Stoffkreislauf und ihren Wunsch nach florierender Natur bewusst.

Die fruchtbare schwarze Erde ist auch für uns Studierende eine spannende Wiederentdeckung. Wir, die TU-Garten-Gruppe, als Teil der Projektwerkstatt: „Permakultur und Terra Preta – in der Stadt und auf dem Land“ widmen uns besonders dem Einfluss der Pflanzenkohle, ein entscheidender Bestandteil der Terra Preta, auf Bodenaufbau und innewohnende Pflanzen.

Im Sommersemester 2013 beschloss die TU-Garten-Gruppe der Projektwerkstatt eine eigene Terra Preta nach Jürgen Reckin zu entwickeln und dabei den Einfluss der Pflanzenkohle zu untersuchen. Dafür wurden im Garten der TU-Berlin in der Müller-Breslau-Straße drei Mieten aufgeschüttet. Hauptbestandteil waren dabei zerkleinerte Holzhackschnitzel, Holzspäne und Blautonmehl. Es wurde daraufhin mit Urin und Brennesseljauche gedüngt und der *Bacillus subtilis* eingearbeitet. Mit

variierendem Kohle-Anteil sollte das kommende Semester beginnen, da die Lieferung nicht früher zu beziehen war. Die Bestandteile und eine genauere Beschreibung sind in der Belegarbeit des Sommersemesters 2013 zu finden. (vgl. Dreyer et al., 2013, S.16ff)

Zu Beginn des Wintersemesters 13/14 mengten wir die eingetroffene Pflanzenkohle im planmäßig variierenden Verhältnis 0%, 10%, 20% in die drei Mieten ein und brachten jeweils 20l Brennnesseljauche auf.



Abb 1: Einarbeitung der Pflanzenkohle

Auf eine weitere Düngung der Mieten gehen wir in dieser Belegarbeit näher ein.

In der folgenden Arbeit setzen wir uns zu Beginn kurz mit Terra Preta und mit Grundlagen der Effektiven Mikroorganismen (EM) auseinander. In der Betrachtung der Semesterfortschritte des Wintersemesters 2013/14 und den Vorbereitungen für das Sommersemester 2014 befassen wir uns mit dem C/N-Verhältnis und der Düngung, sowie den Pflanzversuchen. Daraufhin werden der Bau der Hochbeete und Bewässerungsmethoden geschildert und diskutiert. Zuletzt folgt die Auseinandersetzung mit möglichen Laboruntersuchungen, sowie der Ausblick für das kommende Semester.

2. Terra Preta

Terra Preta - auf portugiesisch bedeutet der Begriff einfach nur „Schwarze Erde“. Doch diese simple Namensgebung wird dem vielfältigen und erstaunlichen Potenzial des von Menschen fruchtbar gemachten Bodens sicherlich nicht gerecht. Schon vor Jahrtausenden wurde die Anbaumethode von UreinwohnerInnen des Amazonas benutzt, doch erst vor wenigen Jahren wurde die Methode wiederentdeckt. Zwar sind bisher nur die Grundbestandteile der Ur-Terra Preta bekannt, doch eine wachsende Gemeinde von weltweiten WissenschaftlerInnen ist bereits der Auffassung, das Terra Preta einen erheblichen Beitrag zur Lösung globaler Hunger-, Armut-, Wasser- und Klimaprobleme leisten kann. In Form des sog. „Klimagärtners“ könnte durch die Erhöhung des Humusgehalts der Böden der Treibhauseffekt in der Erdatmosphäre stark abgemildert werden. Des Weiteren werden u.a. folgende Vorteile der Terra-Preta-Technik angeführt: Förderung der fruchtbaren Böden, Ermöglichung hoher Ernteerträge auf kleinem Raum, Unabhängigkeit der KleingärtnerInnen von teurem Dünger, Verwandlung von Abfallstoffen in Naturdünger, Entgiftung der Böden etc. (vgl. Scheub et al., 2013, S.10).

Der Schlüssel zu diesem erstaunlichen Potenzial ist die Verwendung von Pflanzenkohle bei der Herstellung von Terra Preta. Die Pflanzenkohle wird mittels klimaneutraler Pyrolyse hergestellt, wodurch der Kohlenstoff, den die Pflanzen in Form von CO₂ aufgenommen haben, dauerhaft stabilisiert wird. Wird die Pflanzenkohle in die Erde eingebracht, dient sie als fruchtbarer Speicher von Nährstoffen, Wasser und Mikroorganismen. Bevor die Eigenschaft zum Tragen kommt, muss sie allerdings erst mit Nährstoffen „aufgeladen“ und mit Mikroorganismen besiedelt werden. Dies kann mittels verschiedener Verfahren wie der sog. Bokashi-Fermentation oder der Kompostierung geschehen. Das Ziel ist die Anreicherung mit fermentierenden effektiven Mikroorganismen, die ein Milieu schaffen, in dem Fäulnis und Krankheitskeime sich kaum entwickeln können. (Scheub et al., 2013, S.89-90)

Allgemein entsteht Terra Preta also durch Beifügung von Pflanzenkohle und Fermentation oder Kompostierung organischer Abfälle. Die Grundzutaten bestehen dabei aus Pflanzenkohle, organischen Abfällen, Mikroorganismen sowie Bodentieren und idealerweise stickstoffreichen Zusätze wie Urin. Je luftabgeschlossener

organische Abfälle gelagert werden, desto mehr kommt die anaerobe Milchsäuregärung zum tragen, wodurch besonders viele Nährstoffe erhalten bleiben. Bei den meisten Methoden zur Produktion wie Stapelkompost oder Stapelkisten kommen allerdings sowohl anaerobe Prozesse wie die Fermentierung als auch aerobe Prozesse wie die Vererdung durch Regenwürmer zum Tragen, was aber nur natürlichen Zuständen entspricht. Eine Methode zur Fermentation stellt der sog. Küchenbokashi dar. Dabei werden organische Abfälle zusammengepresst, mit feuchtem Pflanzenkohlepulver bedeckt (bei Selbstherstellung vermengt mit Urin, effektiven Mikroorganismen und Gesteinsmehl) und anschließend in einem Gefäß luftdicht verschlossen (Scheub et al., 2013, S.110-111).

Die Terra Preta, welche im TU-Garten entstanden ist, ist nach der Methode von Dr. Reckin erstellt. Hierbei werden Kompost-ähnliche Mieten angesetzt, in denen sowohl aerobe wie auch anaerobe Prozesse ablaufen. Entscheidend ist vor allem die Aktivität der Bodenorganismen, insbesondere die der Regenwürmer. Eine Verbindung der Reckin-Methode mit dem Küchenbokashi ist sehr wohl möglich und wird oft praktiziert. Im Falle der TU-Garten-Mieten ist jedoch von der Bokashi-Methode abgesehen worden.

3. Effektive Mikroorganismen

Der Hauptaspekt unserer Versuchsreihe sind die unterschiedlichen Kohlenstoffkonzentrationen der angelegten Mieten. Die Pflanzenkohle stellt durch ihr großes Porenvolumen ein Habitat für die Biofilme der Mikroorganismen dar. Diese betreiben Stoffwechselprozesse in der Erde und sind somit für die Herstellung der Terra Preta essentiell.

Durch Kompostierung oder Fermentierung, wie zum Beispiel bei Bokashi gelangt ein gewisser Prozentsatz an Mikroorganismen in die zukünftige Terra Preta. Um den Prozess der Milchsäurefermentation zu beschleunigen ist es üblich, das zu gärende Substrat mit Effektiven Mikroorganismen anzureichern. Diese fungieren als Bodenaktivator und verringern somit auch die Entstehungszeit der Terra Preta.

Wie in der Lebensmittelindustrie ist es auch bei der Herstellung von Terra Preta üblich auf fertig gemischte EM's zurückzugreifen, die zur Aktivierung mit Wasser und Zuckermelasse angereichert werden müssen. Eine ausgewählte Zusammensetzung durch die Hersteller garantiert eine sichere Aktivierung des Substrats. Die wohl populärste Zusammensetzung stammt aus Japan von Prof. Higa, der im Jahre 1981 den Begriff der Effektive Mikroorganismen prägte. Seine Zusammensetzung beinhaltet 80 verschiedene Mikroorganismen, die nach dem Dominanzprinzip fungieren. Nach Higa existieren drei Gruppen unter den Mikroorganismen: die aufbauenden, abbauenden und opportunistischen Mikroben. Dominieren die aufbauenden Mikroben das Substrat, folgen ihnen die opportunistischen Mikroben und verdrängen somit die abbauenden (Higa, 2005).

Der Begriff der effektiven Mikroorganismen ist rechtlich geschützt und die genormte Zusammensetzung ist käuflich erwerbbar. Jedoch beruht das Prinzip der effektiven Mikroorganismen auf symbiontisch aufbauenden Mikroorganismen, die sich in Biofilmen ansammeln.

Für die Bodenherstellung und Bokashifermentation lässt sich der Bodenaktivator selbst herstellen, denn die vier Hauptgruppen dieser Symbiose sind in der Natur zu finden:

Die Hauptrolle in dieser Symbiose spielen Milchsäurebakterien, agierend mit Aktinomyzeten, phototrophen Bakterien und Hefepilzen.

Milchsäurebakterien synthetisieren dabei Milchsäure aus Zucker und anderen Kohlenhydraten, die aus der Synthese der Photosynthesebakterien und den Hefen zur Verfügung gestellt werden. Durch das Dominanzprinzip werden schädliche Mikroorganismen durch Milchsäurebakterien verdrängt. Dies führt zu einer Sterilisation. Weiterhin wird die Zersetzung des organischen Materials beschleunigt. Vorzufinden sind diese Bakterien bei jeglichen Produkten, die durch Milchsäuregärung entstehen. Eine der bekanntesten Milchsäuregärungsprozesse ist die der Sauerteigherstellung und der Sauerkrautproduktion. Auch im Kot der weidenden Kühe und sogar in den Fäkalien des Menschen sind diese vorzufinden. Photosynthese betreibenden Bakterien produzieren für ihr Wachstum nützliche Substanzen, wie Aminosäuren, indem sie Sekrete der Wurzeln, organisches Material und Gas abbauen. Dabei dienen Sonnenlicht und Bodenwärme als Energiequelle. Weiterhin synthetisieren sie Glukose, die für Milchsäurebakterien und die Aktinomyzeten nützlich sind.

Aktinomyzeten synthetisieren aus Aminosäuren der phototrophen Bakterien und dem organischen Material antimikrobielle Substanzen, die die Verdrängung schädlicher Pilze und Bakterien bewirken. Ein weiterer positiver Effekt der Aktinomyzeten ist die Förderung der Stickstoffbindung der Azotobakter. Zu finden sind Aktinomyzeten in Waldböden. Durch den typischen Waldgeruch lassen sie sich leicht erkennen.

Der vierte Symbiosepartner sind die Pilze. Dabei unterscheidet man die Hefepilze von den Ferment-aktiven Pilzen.

Hefepilze produzieren aus Aminosäuren und Zucker antimikrobielle Substanzen, Hormone und Enzyme die die Zellteilung aktivieren und somit den organischen Abbau fördern. Weiterhin werden Substrate für Milchsäurebakterien und Aktinomyzeten abgesondert. Zu finden sind diese bei der Ethanolherstellung und Sauerteigproduktion.

Ferment-aktive Pilze lassen organisches Material schnell zerfallen und geben als Produkte Alkohol, Ester und antimikrobielle Stoffe ab, die Gerüche verhindern und Schädlinge fernhalten.

Vorteil der Selbstherstellung sind die geringen Kosten, wohingegen aber das käufliche Produkt eine aus Erfahrungen erstellte Zusammensetzung an positiv agierenden Mikroorganismen beinhaltet (Fuchs, 2007).

Ein anaerobes Milieu ist für die symbiontisch aufbauenden Mikroorganismen essentiell. Sobald sie mit Sauerstoff in Kontakt kommen, beginnen Milchsäurebakterien mit dem Sauerstoffwachstum, hören jedoch auf zu atmen. Eine erhöhte Ansammlung an Milchsäurebakterien ist die Folge, jedoch bleibt die Umsetzung zu Lactat aus. Dadurch kommt es zu einem Abbruch der Symbiose, abbauende Mikroben werden nicht mehr verdrängt und das System kippt.

4. C/N-Verhältnis

Das C/N-Verhältnis ist maßgeblich für die Fruchtbarkeit der Terra Preta. Es bezeichnet das Verhältnis zwischen dem Kohlenstoff- (C) und dem Stickstoffanteil (N) des Substrats. In der Verhältnisangabe wird der N-Anteil gleich 1 gesetzt.

Das C/N-Verhältnis gibt Auskunft über die Zersetzbarkeit der organischen Substanz durch die Bodenorganismen. So benötigen diese für den Aufbau ihrer Körpersubstanz genügend Stickstoff. Ist das C/N-Verhältnis also sehr weit, läuft die Zersetzung nur sehr langsam ab. Ist es jedoch zu eng, so wird vermehrt Stickstoff freigesetzt und geht gasförmig verloren oder wird mit dem Niederschlag ausgewaschen. Das optimale C/N-Verhältnis liegt zwischen 20:1 und 25:1 (Zeit, 2003). Nach Dr. Reckin ist das optimale C/N-Verhältnis der Terra Preta 24:1 (Reckin, 2012). Dieses ermöglicht eine langsame Zersetzung des Materials ohne Stickstoffverluste.

Das C/N-Verhältnis des organischen Bodenmaterials setzt sich zusammen aus den Verhältnissen der einzelnen Komponenten. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Verhältnisse verschiedener Stoffe:

Organisches Material	C Kohlenstoff	N Stickstoff
Sägemehl	250-500	1
Papier	200	1
Fäkalien	6-10	1
Küchenabfälle	20-25	1
Stallmist	10-15	1
Rasenschnitt	10-15	1
Mischkompost	10-20	1
Harn	0,8	1
Jauche	1	1

Tabelle 1: eigene Darstellung nach Daenecke, Laaß, Baake

Den einzelnen Terra Preta-Mieten auf der TU-Fläche wurden bisher folgende C/N-wirksame Stoffe in den angegebenen ungefähren Mengen zugeführt:

- 900 Liter Holzhäxel und Sägemehl
- 80 Liter Urin
- 40 Liter Brennesseljauche

Dies entspricht den oben genannten Werten zufolge einem Gesamt-C/N-Verhältnis von in etwa 220:1. Errechnet wurde dies wie folgt:

$$(250:1 \times 900) + (0,8:1 \times 80) + (1:1 \times 40) = 225104:1020 \approx \underline{220:1}$$

Dabei wurde bei den holzigen Bestandteilen (erste Klammer) von einem kleinstmöglichen C/N-Verhältnis von 250:1 (siehe Tabelle) ausgegangen. Dies ist damit begründet, dass die holzigen Bestandteile zum Zeitpunkt der Kohleearbeitung bereits weit zersetzt waren, wodurch sich das C/N-Verhältnis verengt (vgl. Laaß).

Somit ist das C/N-Verhältnis noch sehr weit und muss durch die Zugabe von Stoffen mit einem engen C/N-Verhältnis optimiert werden. Dafür eignet sich besonders Urin, da dieser zum einen ein Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis von 0,8:1 aufweist und zum anderen ein Stoff ist, welcher unmittelbar verfügbar ist und dessen Nutzung ein elementarer Bestandteil eines geschlossenen Kreislaufdenkens darstellt.

An dieser Stelle soll jedoch darauf hingewiesen werden, dass bei der Nutzung von menschlichem Urin als Düngesubstrat beachtet werden muss, dass mit dem Urin auch Medikamenten-Rückstände wie Antibiotika und hormonähnliche Substanzen (zum Beispiel durch die Anti-Baby-Pille) ausgeschieden werden, deren Wirkung im Boden und in den darauf wachsenden Pflanzen nicht genau geklärt sind. Aus Gründen der Lebensmittelsicherheit sollte daher menschliches Urin bevorzugt werden welches weitestgehend unbelastet ist.

Für die Optimierung des C/N-Verhältnisses der jeweiligen Mieten alleine durch Urin wäre eine Menge von ca. 8500 Litern je Miete notwendig $((250:1 \times 900) + (0,8:1 \times 80) + (1:1 \times 40) + (0,8:1 \times 8500) = 231904:9520 \approx \underline{24:1})$.

Angemerkt sollte jedoch werden, dass es sich bei den Mengenangaben und Rechnungen um Annäherungen handelt, da uns bei der Einarbeitung der Komponenten unserer Terra Preta weder genaue Mengemessgeräte zur Verfügung standen, noch die exakten C/N-Verhältnisse der Komponenten bekannt waren. Die Ermittlung des genauen C/N-Verhältnisses mittels Laboruntersuchungen ist daher erstrebenswert.

Sobald die Außentemperaturen stabil über 8° Celsius liegen, sollte die regelmäßige Stickstoffdüngung der Mieten wieder aufgenommen werden. Ab diesen Temperaturen kann davon ausgegangen werden, dass die Bodenfauna aktiv ist und die zugeführten Stoffe verwehrt kann.

5. Pflanzversuche

Für die Pflanzversuche, welche im kommenden Semester stattfinden werden, haben wir uns für eine Auswahl an Gemüsepflanzen entschieden, wofür verschiedene Aspekte in Betracht gezogen wurden: Licht- bzw. Schattenverträglichkeit, Nährstoffanspruch und Pflanzenfamilie (Landwirtschaftliches Zentrum Ebenrain, 2012, S.2), Verträglichkeit der Gemüsearten untereinander und zuletzt Erntezeit (Meyer-Rebentisch, 2014) und Größe der Pflanzen. In den folgenden Tabellen ist die Pflanzenauswahl aufgelistet. Nachstehend wird selbige noch einmal näher erläutert.

Konzept 1 (vollschattiger bis halbschattiger Standort)

	Nährstoff-anspruch	Pflanzen-familie	„Nachbar-schaftsvorlieben“	Aussaat	Ernte
Bohnen	S	Schmetterlings-blütengewächs/ Leguminose	Spinat	Mitte Mai – Juli	Juli - September
Spinat	M	Gänsefußgewächs	Bohnen	Februar – April (bis August/ September)	im Prinzip jeder Zeit bis frühen Winter
Brokkoli	St	Kreuzblütengewäch s		März – April	Juni - September

Tabelle 2 – Legende: S... Schwachzehrer M... Mittelzehrer St... Starkzehrer

Konzept 2 (sonniger Standort)

	Nährstoff-anspruch	Pflanzen-familie	„Nachbar-schaftsvorlieben“	Aussaat	Ernte
Bohnen	S	Schmetterlings-blütengewächs/ Leguminose	Spinat, Tomate	Mitte Mai – Juli	Juli - September
Spinat	M	Gänsefußgewächs	Bohnen, Tomate	Februar – April (bis August/ September)	im Prinzip jeder Zeit bis frühen Winter
Tomate	St	Nachtschatten-gewächs	Bohnen, Spinat	März – April	Juli - Herbst

Tabelle 3 – Legende: S... Schwachzehrer M... Mittelzehrer St... Starkzehrer

5.1 Licht- bzw. Schattenverträglichkeit

Abhängig vom gewählten Standort für die Beete werden sich unterschiedliche

Lichtverhältnisse ergeben, deswegen wurden zwei Versuchsanordnungen in Betracht gezogen.

Das erste Konzept bezieht sich auf einen vollschattigen Standort, für den Pflanzen ausgewählt wurden die trotz Vollschaten möglichst keine Ertragseinschränkungen vorweisen, das zweite Konzept soll für einen sonnigen Standort gelten.

5.2 Nährstoffanspruch

Damit wir sehen, ob Pflanzen mit unterschiedlichem Nährstoffanspruch eventuell unterschiedlich gut auf den drei verschiedenen Böden wachsen, sollen auf allen drei Beeten je ein Vertreter starkzehrender Pflanzen (, die sehr guten nährstoffreichen Boden benötigen,) ein Mittelzehrer (,mit mittelmäßigen Ansprüchen an Bodennährstoffe,) und ein Vertreter schwachzehrender Pflanzen (,die auch gut auf nährstoffarmen Böden wachsen) angepflanzt werden.

5.3 Pflanzenfamilie

Um dem möglichen Übergreifen von Krankheiten ein wenig entgegen zu wirken sollen die gewählten Stark-, Mittel- und Schwachzehrer aus unterschiedlichen Pflanzenfamilien stammen, damit im Falle der Erkrankung von Pflanzen einer Familie der Versuch mit den Pflanzen aus den anderen Familien trotzdem fortgeführt werden kann.

5.4 Verträglich der Gemüsearten untereinander

Auch wenn die Nachweisbarkeit der Nachbarschaftsvorlieben zum Teil in der Literatur angezweifelt wird (Landwirtschaftliches Zentrum Ebenrain, 2012, S.2) wurden diese anhand von Mischkulturtabellen (BIOZAC, 2001; Wiermann, 2012) überprüft, um auch hier möglichen Fehlerquellen im Versuchsaufbau vorzubeugen.

5.5 Erntezeit und Pflanzengröße

Zuletzt wurden Erntezeit und Größe der ausgewählten Pflanzen verglichen, um darauf die Anordnung der Bepflanzung abzustimmen, sowie die Mischkultur durch effektive zeitliche Planung der Aussaat zu fördern.

5.6 Durchführung

Von jeder ausgewählten Pflanzenart sollen drei Pflanzen auf jedes Beet gesetzt werden, die des weiteren vorgezogen und dementsprechend nicht direkt auf die Beete gesät werden (mit Ausnahme der Bohnen), um möglichst gleiche

Voraussetzungen für die Pflanzen auf allen drei Versuchsbeeten zu gewährleisten. Optimalerweise soll der Versuch über mehrere Jahre – aber wenigstens über zwei – durchgeführt werden um gute evidenzbasierte Ergebnisse zu erhalten, als auch um die Versuche in Abhängigkeit von der Zeit begutachten und mögliche Unterschiede, z.B. beiden Erträgen, in den Jahren nach Anlegen der Mieten ausmachen zu können. Die Pflanzenreste sollen als Düngung wieder dem Boden zugefügt werden. Außerdem ist überlegenswert, ob im Herbst zusätzlich eine Gründüngung eingebracht werden soll.

5.7 Untersuchungen

Desweiteren sollen folgende Untersuchungen stattfinden, um die Wirkung der unterschiedlichen Böden auf die jeweiligen Pflanzen zu analysieren:

- regelmäßiges (wöchentliches) Ausmessen der Größe der Pflanzen (Boden – höchster Punkt)
- regelmäßiges (wöchentliches) Ausmessen der Blattgrößen und Zählen der Blattanzahl
- Auswiegen des Ertrages (und gegebenenfalls Auszählen der Früchte bei Tomaten und Bohnen)
- nach Aberntung Wiegen und Ausmessen der gesamten Länge der Pflanze (mit Wurzel)

Zusätzlich soll eine Laboruntersuchung der drei verschiedenen Böden erfolgen.

6. Hochbeete für Pflanzversuche

Im Sommersemester 2013 wurden die drei Mieten mit variierenden Pflanzenkohleanteilen und ansonsten identischen Bestandteilen aufgeschüttet. Zur Untersuchung der drei Mieten werden, wie im letzten Abschnitt geschildert, Pflanzversuche durchgeführt. Drei Vergleichsbeete sollen hierfür eine unkomplizierte und zügige Errichtung und einfache Pflege ermöglichen. Als Versuchsaufbau haben wir uns für den Bau von Hochbeeten entschieden, da bei dieser Form die Bodenzusammensetzung bekannt ist. Pflanzenwurzeln haben keinen Kontakt zu anderen Erdschichten und durchwurzeln lediglich einen definierten Bereich – die aus den Mieten vererdete Terra Preta.

Bepflanzung (Sorten, Abstand); Bewässerung; Belichtung (Aufstellungsort) und Pflege müssen hierfür zwischen den Hochbeeten gleich sein. So können aus den 3 Substraten der Mieten Vergleiche über den Einfluss des Kohleanteils gezogen werden.

Zur Wahl der Hochbeet-Konstruktion aus Palettenholz haben wir einige Vor- und Nachteile abgewägt. Bretter aus Baustellen-Paletten erlauben im Vergleich zu Kunststofflösungen dabei eine simple, anpassbare Holz-Konstruktion, wobei Holz als Baustoff wegen seiner nachwachsenden Rohstoffquelle umweltverträglich ist. Die Konstruktion, besonders aus unbehandeltem Einweg-Palettenholz, hat wegen des Verrottens nur eine Haltbarkeit von einigen Jahren. Für unseren Versuchsaufbau würde der Zeitraum evtl. genügen. Sollte doch Holzschutzlasur aufgebracht werden, steigen für uns Aufwand und Kosten. Behandeltes Holz wie z.B. aus EU-Paletten hat möglicherweise zu beachtende negative Einflüsse auf die Versuche. Weiterhin hat Palettenholz den Vorteil, dass es häufig kostenlos zu bekommen ist. Egal ob behandeltes oder unbehandeltes Palettenholz für die Konstruktion genutzt wird, sollte daher durch z.B. eine Folie der Kontakt zwischen Terra preta und Holz getrennt werden.

Da wir von einer Dauer des Pflanzversuchs von einigen Jahren bis maximal einer Dekade ausgehen, mag ein Hochbeet, welches innen mit einfacher Folie z.B. von alten Party-Zelten abgedichtet wird, ausreichen. Für den Boden der Beete ist das Einziehen einer Sperre aus feinmaschigem Draht gegen Wühlmäuse etc. äußerst

wichtig. Ansonsten verliert der Pflanzversuch an Vergleichbarkeit durch diese Einflüsse von außen.

Vorteilhaft für unsere Installation der Hochbeete sind EU-Paletten, da sie lange halten und diese dank Normmaßen direkt zusammen geschraubt werden können. Werden alle drei Hochbeete in Verbindung zueinander aufgebaut, kann dadurch Materialien eingespart werden. Dies ist jedoch abhängig von dem nutzbaren Raum am Standort und dem zu installierenden Bewässerungssystem.

Ein großer Vorteil der Hochbeete ist der Schichtenaufbau. Wenn oberhalb der Wühlmaussperre Holzreste, Astschnitt und darüber Laub aufgebracht wird, erwärmt der Kompostier-Prozess der Materialien den Boden. Die Höhe der Beete sollte nicht zu groß gewählt werden, Ein ansteigendes Volumen lässt die Masse der Beete stark steigen und erschwert einen eventuellen Transport.

Für die Installation einer Bewässerung ist von Vorteil, wenn die drei Beete nicht weit voneinander entfernt sind. Wir empfehlen für die Bewässerung u.a. das kostengünstige Kapillarprinzip (vgl. 7. Bewässerung)

Die folgenden Links beinhalten beispielhaft Aufbauanleitungen für Hochbeete.

<http://wiki.gsteignet.ch/doku.php?id=permakultur:huegelbeet>

<http://www.permakultur->

[akademie.net/upload/PDF/Studentische_Projekte/Hochbeet.pdf](http://www.permakultur-akademie.net/upload/PDF/Studentische_Projekte/Hochbeet.pdf)

7. Bewässerung

Da vor Ort keine Wasserleitung vorhanden ist, werden wir uns auf Bewässerungssysteme konzentrieren, die durch manuelle Einspeisung von Wasser funktionieren.

Einige System werden mit etwas höheren Kosten verbunden sein, aber es ist aufgrund des Projektes empfehlenswert, sich für die simpelste Anlage zu entscheiden.

7.1 Kapillarbewässerung

Wie der Name bereits ins sich beherbergt, funktioniert die Kapillarbewässerung durch die Ansaugkraft der Kapillare. Der Vorteil der Kapillare ist es, das das Wasser auch aus einer tieferen Lage heraufbefördert werden kann. Dies geschieht zum einen durch die natürliche Ansaugkraft der Erde und der Pflanzen, zum anderen setzt man Kapillare wie Glasfaserdochte oder -matten ein, die durch ihre feine Struktur und der Kohäsionseigenschaft des Wassers das Wasser in die Höhe befördern. Somit kommt diese Bewässerung ohne Druckwasser und auch ohne Strom aus. Sie ist zudem ökologisch und ökonomisch sinnvoll, da die Pflanzen sich die Menge an Wasser ansaugen die sie auch benötigen. Das Wasser kann sich bei diesem System in Behältern, aber auch im Grund des bepflanzen Gefäßes befinden.

7.2 Sören

Sören ist ein Verfahren, welches von Sven Benthin entwickelt wurde. Es ist ein Baukastensystem, welches erweiterbar ist und ebenfalls mit Kapillaren arbeitet. Die Idee ist es, dass ein Wasserspeicher aufgefüllt wird für die Dauer der Abwesenheit. Ein weiterer Speicher ist nötig und wird mittels eines Schwimmers, wie er auch in den Spültanks der Toiletten Verwendung findet, stets aus dem Haupttank nachgefüllt. Der Wasserstand bleibt also in dem Schwimmtank stets konstant, solange im Haupttank ausreichend Wasser zur Verfügung steht. Von dem Schwimmtank kann das Wasser nun auf weitere miteinander verbundene Töpfe verteilt werden. Das Wasser in diesen Töpfen befindet sich in separaten Räumen, aus denen die Pflanzen mittels Dochten oder Matten das Wasser hinauf befördern. Auch hier wird nur so viel Wasser verbraucht wie benötigt wird. Das System ist auf der Fensterbank, dem Balkon und im Garten anwendbar. Wenn sich ein Regenfallrohr in Reichweite befindet, kann mittels eines Regendiebes auch das Regenwasser in den Haupttank geleitet werden und die Anlage bekommt somit auch eine Rückhaltefunktion.

Eine Ausführliche Anleitung findet man auf folgender Seite:
http://gruenestadtplanung.wordpress.com/6_shop/

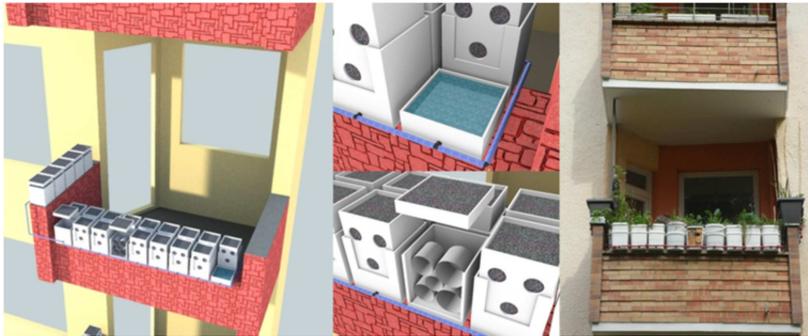


Abb 2: gruene Stadt-Planungsgemeinschaft/ CC BY SA

Der große Vorteil der Kapillarbewässerung ist, dass eine zielgerichtete Bewässerung stattfindet und das System, je nach Größe des Hauptwasserspeichers oder eventuellem Niederschlag, über längere Zeit autark funktioniert. Nachteil ist die aufwendige Installation der Anlage. Die Anschaffungskosten halten sich doch niedrig und können bis auf den Schwimmer und die Kapillare relativ einfach beschaffen werden.

Bei einem Hochbeet ist die Installation entsprechend aufwendiger aber nicht unmöglich.

7.3 Aquabox

Eine etwas teurere Komplettlösung, die auf Hochbeete ausgelegt ist, ist die AquaBox von einem englischen Hersteller. Das Prinzip ist dasselbe: eine Regentonne oder ein anderer Wasserbehälter wird an das System angeschlossen und eine automatische Bewässerung für eine Fläche von ca. 1 m² Beet ist je nach Fassungsvermögen des



Tanks, über mehrere Wochen gewährleistet.¹

Kostenpunkt: £27.45²

Abb 3: AquaBox

1 <http://www.gartenrausch.com/2012/einfache-automatische-bewasserung-fur-das-hochbeet-balkonbeet-kleine-gemusebeete-im-garten/> Zugriff am: 27.02.2014

2 <http://www.autopot.co.uk/aquabox-spyder-detail> Zugriff am: 04.03.2014

7.4 Flaschenbewässerung

Eine einfachere Bewässerung ist die Flaschenbewässerung. Hierzu wird eine herkömmliche Wasserflasche gefüllt und statt des normalen Deckels wird ein modifizierter Deckel aufgeschraubt.

Die Flasche wird anschließend in der Erde punktiert und versorgt die Pflanze mit Wasser. Hierbei wirken keine Kapillarkräfte sondern die Lageenergie des Wassers. Demnach versickert das Wasser unkontrolliert und nicht wie bei der Kapillarbewässerung dem Wasserbedarf entsprechend.

Eine etwas ausgeklügeltere Ausführung ist das System Claber Idris:



Abb 4 IDRIS – therevolutionaryClaberideaforpotplants



Vorteil sind die austauschbaren, präzisen Tropfeinsätze, die eine auf den Wasserbedarf abgestimmte Bewässerung ermöglichen.

Abb 5: IDRIS – therevolutionaryClaberideaforpotplants

7.5 Tonkegelbewässerung

Die Tonkegelbewässerung hat ähnliche Eigenschaften wie die Kapillarbewässerung. Durch die Tonmembran und der natürlichen Saugfähigkeit der Erde das Wasser wird zielgerichtet ausgesondert. Je nach der höheren oder tieferen Lage des Wassertanks tritt entsprechend mehr oder weniger Wasser aus.



Abb. 6: Tonkegel

Kostenpunkt: 5 Stück für
größere Pflanzen 18,70€

Einige dieser Lösungen bieten sich besonders für Topfpflanzen an, sind in der Praxis aber auch bei Beeten anwendbar aber müssen dem Wasserbedarf angepasst werden. Eine Flasche dürfte entsprechend für ein Beet mit einer Fläche von 2m² nicht ausreichend sein. Deshalb bietet sich vielleicht das Sören-Verfahren an. Wenn die Installation bequemer ablaufen soll, dann sollte die AquaBox bevorzugt werden. Ansonsten ist die günstigste Alternative das Aufstellen einer Regentonne und die regelmäßige Bewässerung mit dem gesammelten Regenwasser.

8. Laboruntersuchungen

Die Terra Preta auf der TU-Fläche hat im Oktober 2013 die letzten Komponenten zugeführt bekommen und hatte seitdem Zeit für die Zersetzung. Da es hauptsächlich kalte Wintermonate waren und die Zersetzung dementsprechend langsam verläuft muss mit 6 Monaten gerechnet werden bis die Erde „fertig“ ist. Das bedeutet, dass im April 2014 mit Untersuchungen begonnen werden kann. Diese sollen zum Ziel haben die Eignung der Terra Preta hinsichtlich des Anbaus von Nahrungspflanzen darzustellen.

Dafür haben wir im Sommersemester zum Einen vor Pflanzversuche und zum anderen Laboruntersuchungen durchzuführen. Letztere sollen im Folgenden besprochen werden.

8.1 Nährstoffe

Die in der Terra Preta vorhandenen Nährstoffe sowie deren Mengen und Verfügbarkeit sind maßgeblich für ein gutes Pflanzenwachstum. Man teilt Pflanzennährstoffe in Makro- und Mikronährstoffe je nach den durchschnittlich von Pflanzen benötigten Mengen. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick:

Makronährstoffe	Mikronährstoffe
Stickstoff (N)	Bor (B)
Schwefel (S)	Eisen (Fe)
Phosphor (P)	Mangan (Mn)
Kalium (K)	Zink (Zn)
Calcium (Ca)	Kupfer (Cu)
Magnesium (Mg)	Molybdän (Mo)

Tabelle 4: eigene Darstellung nach IPSEN 2009

Die Verfügbarkeit der Nährstoffe kann mit Hilfe von Ammoniumnitrat erfasst werden. Eine Behandlung der Probe mit dieser Lösung setzt alle pflanzenverfügbaren Nährstoffe frei.

Ein Königswasseraufschluss hingegen führt zu einem vollständigen Aufschluss der Matrix und gibt Auskunft über den gesamten Nährstoffgehalt der Probe.

8.2 Kohlenstoffgehalt

Der Kohlenstoffgehalt sollte auch untersucht werden. Dieser dürfte weitaus höher liegen als bei einem normalen Ackerboden, da die Terra Preta hauptsächlich aus kohlenstoffreichen Komponenten besteht.

Der C-Gehalt gibt zusammen mit dem N-Gehalt Auskunft über das tatsächliche C/N-Verhältnis der selbst erstellten Terra Preta. Dieses wurde bisher nur ungenau errechnet. Außerdem wird mit dem C-Gehalt ein Maß für die Kohlenstofffestlegung im Boden gegeben. Terra Preta gilt als erfolgsversprechend für eine großflächige C-Sequestrierung als Gegenmaßnahme zu dem hohen CO₂-Gehalt der Atmosphäre welcher in erheblichem Maß zum Klimawandel beiträgt. Der Kohlenstoffgehalt unserer low-budget Terra Preta kann demnach ein Indiz darstellen wie mit geringem finanziellem Aufwand auch im urbanen Raum Kohlenstoff festgelegt werden kann.

8.3 Schadstoffe

Anhand der oben genannten Lösungen kann auch die Verfügbarkeit von Schwermetallen überprüft werden. Dies können die Mikronährstoffe Cu und Zn sein, sofern diese in zu hohen und somit toxischen Konzentrationen vorliegen. Darüber hinaus sind aber auch Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Nickel (Ni) und Blei (Pb) Schwermetalle welche teilweise phytotoxisch sind und teilweise bereits in geringen Mengen für den Menschen schädlich sind.

Sofern die Proben auf Schwermetalle hin untersucht werden, müssten die Gehalte mit Grenzwerten für normale Ackerböden verglichen werden. Hierüber gibt das Bundesbodenschutzgesetz Auskunft.

Da allerdings keine Anhaltspunkte über eine Schwermetallbelastung vorliegen, ist diese Untersuchung gegebenenfalls nicht notwendig. Eine andere Sache sind polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK). Diese entstehen als Nebenprodukte bei der Pyrolyse und gelten als krebserregend. Sie können über die Pflanzen in der Nahrungskette weitergegeben werden. Eine Untersuchung hinsichtlich des Gehaltes an PAK sollte demnach stattfinden.

8.4 Kationenaustauschkapazität

Die Kationenaustauschkapazität (KAK) gibt Auskunft über die reversible Adsorptionskraft von Nährstoffen in einem Boden. Je höher die KAK ist, desto höher ist die Verfügbarkeit von positiv geladenen Ionen welche als Pflanzennährstoffe dienen.

Terra Preta und besonders die enthaltene Pflanzenkohle weisen aufgrund der hohen spezifischen Oberfläche eine ausgesprochen hohe KAK auf. Diese Eigenschaft soll auch an unserer selbst hergestellten Terra Preta untersucht werden.

8.5 pH-Wert

Der pH-Wert ist auch ein entscheidender Parameter für die Bodenfruchtbarkeit. Er gibt Auskunft über den Säuregrad der Probe. Ist der Boden zu sauer, so ist die Bodenfauna gehemmt und die Nährstoffverfügbarkeit verringert. Meist weisen Ackerstandorte einen neutralen bis leicht sauren pH-Wert auf. Von Pflanzenkohle wird angenommen, dass diese eine pH-Wert erhöhende Wirkung hat. Da in unseren Breitengraden besonders Bodenversauerung ein Problem darstellt, ist diese Eigenschaft hier vorteilhaft. Allerdings hängt der optimale pH-Wert des Bodens ganz entscheidend von der angebauten Kulturart ab, wie bereits in der Belegarbeit des Sommersemesters besprochen wurde.

8.6 Wasserhaushalt

Ein weiterer Parameter welcher untersucht werden sollte ist der Wassergehalt des Bodens. Dies würde im Umkehrschluss auch den Trockenmassegehalt aufzeigen. Der Wassergehalt des Bodens ist ein weiterer Fruchtbarkeitsparameter. So ist nicht nur das Wasser an sich essentiell für das Pflanzenwachstum, sondern die gesamte Nährstoffaufnahme über die Wurzeln hängt von der Wasserverfügbarkeit ab, da die Pflanzen nur die im Bodenwasser gelösten Stoffe aufnehmen können.

Bei der Untersuchung des Wasserhaushaltes wird unterschieden zwischen dem gesamten Wassergehalt und dem pflanzenverfügbaren Wassergehalt. Der Unterschied hängt mit dem Porenvolumen zusammen in welchen sich das Wasser befindet.

8.7 Biologische Aktivität

Die biologische Aktivität des Bodens ist schwer zu messen. Das Zählen der Bodenmegafauna wie beispielsweise der Regenwürmer gibt Hinweise. Des weiteren gibt die Bodenatmung (die CO₂-Abgabe) einen Hinweis auf die Aktivität der Bodenmikrofauna. Allerdings ist die Bodenatmung welche unter Laborverhältnissen gemessen wird immer nur eine Annäherung an die tatsächliche Bodenatmung am Standort. Das Spektrum der Möglichkeiten an Laboruntersuchungen muss zunächst genau geklärt werden. Danach wird es möglich sein die spezifischen Details der einzelnen Untersuchungen zu klären.

9. Zusammenfassung und Ausblick

Im letzten Jahr, dem Sommer 2013, wurden auf der TU-Fläche drei Mieten angelegt, auf denen nach dem Reckin-Prinzip Terra-Preta-ähnliche Erde hergestellt werden sollte. Die Mieten wurden Anfang des Wintersemesters 2013/14 zu unterschiedlichen Anteilen mit Kohle versetzt (0%, 10% und 20%). Ziel ist es, den Einflussfaktor der Kohle auf die Eigenschaften und der erzeugten Erde zu untersuchen.

Weiter erfolgten im Wintersemester Überlegungen zum weiteren Versuchsaufbau zur Überprüfung des Kohleanteileinflusses. Dieser soll im folgenden Semester anhand von Pflanzversuchen und Laboruntersuchungen von Bodenproben der drei Böden ermittelt werden. Was vorher außerdem noch ansteht sind der Bau der Hochbeete, die Anlage eines Bewässerungssystems, sowie die weitere Düngung der Mieten mit Brennesseljauche und/oder Urin.

Auch wurde dieses Semester ein Kompost angelegt, der eventuell zum Vergleich genutzt werden kann (vor allem für die Laboruntersuchungen), wahrscheinlicher ist es jedoch, dass dieser erst im nächsten Jahr, bzw. im übernächsten Semester einsatzbereit ist.

Quellenverzeichnis

Baake, K.-H. (o.J): Kompostierung. In: <http://www.biogaertner.de/Verschiedenes/Kompostierung> (05.03.14)

Benthin, Sven (2012). SÖREN die Urlaubsbewässerung zum Selberbauen. In: http://gruenestadtplanung.wordpress.com/6_shop/ (27.02.14)

BIOZAC (Hrsg.), (2001). Der Biogarten. Mischkultur. In: http://www.google.de/imgres?imgurl=http://www.biozac.de/biozac/biogart/Misch.JPG&imgrefurl=http://www.biozac.de/biozac/biogart/mischkultur.htm&h=636&w=551&sz=88&tbnid=nEEayWUsCInqLM:&tbnh=90&tbnw=78&zoom=1&usq=__uRUDfPILQM64-dp5r_yK6GCo9IE%3D&docid=dwirDH4MGYW6jM&sa=X&ei=HRwWU8nGH8LMygONtoLQDQ&ved=0CDcQ9QEwAg&dur=2008 (09.03.2014)

Darnecke, A. (2004): C/N-Verhältnis-Tabelle. In: <http://www.natuerlich-gesund-web.de/CN.pdf> (05.03.14)

Ipsen, L. (2009): Planteproduktion, Verlag Landbrugsforlaget.

Fuchs, Georg; Schlegel, Hans G.; Eitinger, Thomas (2007): Allgemeine Mikrobiologie. 53 Tabellen. In: Allgemeine Mikrobiologie.

Higa, Teruo (2005): Effektive Mikroorganismen (EM). Eine revolutionäre Technologie geht um die Welt. Xanten: OLV, Organischer Landbau-Verl.

Laaß, J. (o.J.): Lexikon Effektive Mikroorganismen. Stickstoff-Kohlenstoffverhältnis. In: <http://em-ratgeber-online.de/lexikon-s/118-stickstoff-kohlenstoffverhaeltnis.html> (05.03.14)

Landwirtschaftliches Zentrum Ebenrain (Hrsg.) (2012): Kulturblätter Gemüse. Fruchtwechsel und -folge. In: <http://www.baselland.ch/fileadmin/baselland/files/docs/vsd/lze/div/gemuese/fruchtwechsel.pdf> (09.03.2014)

Meyer-Rebentisch, Karen (2014): Gemüse Info. In: <http://www.gemuese-info.de/index.html> (09.03.2014)

Ollendorf, Kathrin (2012) Terra Preta – Entstehungsprozess und ein mögliches Herstellungsverfahren. Erkenntnisse von unserer Exkursion zu Dr. Jürgen Reckin am 28.4.2012. In: http://wendepunktukunft.org/wp-content/uploads/2012/07/TerraPreta_Exkursion_DrReckin-3.pdf (05.03.14)

Carl von Ossietzky Universität (Hrsg.) (2012): Bodenkundliches Grundpraktikum. In: http://www.uni-oldenburg.de/fileadmin/user_upload/biologie/ag/bodenkunde/download/Bodenkunde_Praktikumsskript_2012.pdf (10.03.14)

Rausch, Gotthilf (2012). Einfache Automatische Bewässerung für das Hochbeet, Balkonbeet & kleine Gemüsebeete im Garten [Internet Blog]. <http://www.gartenrausch.com/2012/einfache-automatische-bewasserung-fur-das-hochbeet-balkonbeet-kleine-gemusebeete-im-garten/> (27.02.14)

Scheub, Ute; Pieplow, Haiko; Schmidt, Hans-Peter (2013): Terra Preta. Die schwarze Revolution aus dem Regenwald. 1. Auflage. Oekom Verlag. München.

Wiermann, Stephanie (2012). Mischkulturtabelle. In: http://www.google.de/imgres?imgurl=http://www.fiefhusen.de/wp-content/uploads/2012/02/nutzgarten-mischkultur.gif&imgrefurl=http://www.fiefhusen.de/2012/02/download-mischkulturtabelle/&h=471&w=600&sz=125&tbnid=Bh9QEZYlsr95OM:&tbnh=90&tbnw=115&zoom=1&u sg=__xDRO7ifpHd_gpiDPqFtHrFa6nQQ%3D&docid=V8hMs3v-tkTXwM&sa=X&ei=HRwWU8nGH8LMygONtoLQDQ&ved=0CDEQ9QEwAA&dur=884 (09.03.2014)

Zeit, J. (2003): Bodenkunde Online. Bodenbox 7. Erfassung Bodenbiologischer Leistungen. In: <http://www.bodenbox.hu-bodenkunde.de/Box%207.html> (05.03.14)