



TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN  
FAKULTÄT VI PLANEN BAUEN UMWELT  
INSTITUT FÜR  
LANDSCHAFTSARCHITEKTUR UND UMWELTPLANUNG  
FACHGEBIET  
LANDSCHAFTSARCHITEKTUR.FREIRAUMPLANUNG

# Semesterabschlussarbeit

Gruppe Klunkerkranich

Sommersemester 2014

Lena Appel	TU Berlin
Vivien Franck	TU Berlin
Fanny Perineau	Université de Technologie de Compiègne
Juliane Weber	TU Berlin
Lisa Willamowski	TU Berlin

**Betreuung durch:** Prof. Udine Giseke  
Dipl.-Ing. Arch. Xenia Kokoula  
Tutor Thomas Finger  
Tutorin Diana Diekjürgen  
Tutorin SibilaZecirovic

Abgabe am 30. September 2014

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
2	Ursprung der Terra Preta Erde und aktuelle Forschungsergebnisse .....	7
3	Einführung in die Permakultur.....	9
4	Mischkultur als Gegenentwurf zur Monokultur .....	11
5	Bau der Versuchsbeete .....	14
6	Untersuchungsdesign.....	16
7	Ergebnisse.....	20
8	Fazit .....	22
9	Danksagung .....	24
10	Quellen.....	24

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispiel einer Kreuztabelle für Mischkultur.....	11
Abbildung 2: Grundgerüst der Pflanzkästen mit Seitenstücken.....	14
Abbildung 3: Fertiger Pflanzkasten.....	14
Abbildung 4: Wassereimer mit T-Verbindungsstück .....	15
Abbildung 5: Wasserhahn und Verbindungsstück.....	15
Abbildung 6: Latten mit Glasfaserdocht und Fließ .....	15
Abbildung 7: Anordnung der Versuchsbeete .....	18
Abbildung 8: Pflanzplan für Versuchsbeete .....	18

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Terra Preta Substrateigenschaften .....	17
Tabelle 2: Ergebnisse der Endivien-Ernte in Gewicht pro g pro Beet .....	20
Tabelle 3: Ergebnisse der Spinat-Ernte in Gewicht pro g pro Beet.....	20
Tabelle 4: Ergebnisse der Grünkohl-Ernte in Gewicht pro g pro Beet .....	20
Tabelle 5: Ergebnisse der Ernte in Gewicht pro g pro Beet .....	20
Tabelle 6: Ergebnisse der pH-Messung mit CaCl <sub>2</sub> .....	21

# 1 Einleitung

Die Technische Universität Berlin bietet Studierenden seit mehreren Jahren die Möglichkeit, an sogenannten Projektwerkstätten (PWs) teilzunehmen. Die Besonderheit der PWs ist die Leitung nicht durch Professoren, sondern durch Studierende. Die PWs sind praktischer orientiert als übliche Seminare und behandeln Themen, die sonst nicht an der Universität gelehrt werden. Die Organisation verläuft überwiegend hierarchiefrei und selbstorganisiert. PWs berufen sich auf die Grundsätze der Nachhaltigkeit und des alternativen Lehren und Lernens. Die Studierenden wählen in Eigenregie ein Thema, das sie interessiert und arbeiten im Anschluss an dessen Verwirklichung in Form eines Projekts. Der Fokus liegt auf ökologischen und sozialen Themenfeldern. Die Projekte werden begleitend von Gastreferierenden und theoretischen Inputs der Leiter\*innen unterfüttert.

Eine dieser PWs ist „Permakultur und Terra Preta – in der Stadt und auf dem Land“. Das Thema der PW „Permakultur und Terra Preta“ behandelt alternative Anbaumethoden gegenüber konventioneller Landwirtschaft – das Prinzip der Permakultur, Mischkultur und die Schwarzerde Terra preta do indio aus dem Amazonasbecken werden im Folgenden vorgestellt.

Innerhalb der vergangenen Jahrhunderte nahm die Entwicklung von großen Städten in ihrer Bedeutung zu. Die hohe Bevölkerungsdichte stellt die Stadtplanung und die Politik beständig vor neue Aufgaben. Im Vergleich zur ländlichen Umgebung herrschen im urbanen Raum Extreme – sozial wie ökologisch.

Mit der Industrialisierung im 19. Jahrhundert begann der bewusste Umbau von Grünflächen in der Stadt. Das Bewusstsein der Bevölkerung über ökologische Missstände stellt sich verzögert ein. Das rasante Bauverhalten im urbanen Raum führt umwelperspektivisch einige Probleme mit sich: zum Beispiel das Verschwinden von Tier- und Pflanzenarten sowie ein hohes Aufkommen an anthropogenen Treibhausgasemissionen, die zur globalen Erderwärmung führen. Gleichzeitig findet die Landflucht der Bienen durch den Anbau von Monokulturen im wissenschaftlichen Diskurs Erwähnung. Bienen fungieren als Bestäuber unserer Lebensmittel. Die Konsequenz ihres Verschwindens zeigt sich in China. Dort müssen die Menschen die Bestäubung per Hand übernehmen. In den Städten finden Bienen Analoghabitate. Vorausgesetzt, man bietet sie ihnen an.

Auch für den sozialen Umgang miteinander sind grüne Oasen in der sonst so grauen Stadt von Vorteil. Laut Studien verbessert ein grünes Umfeld die Lebensbedingungen des Menschen - Konzentrationsfähigkeit, Gesundheit und Ausgeglichenheit werden gefördert (LEE, MAHESWARAN 2010). Anderen Studien zufolge verringern Grünflächen die

Kriminalitätsrate und stärken das gemeinschaftliche Zusammenleben (VAN DEN BERG et al. 2010).

Dieser kurze Einblick soll zeigen, wie wichtig der Kontakt von Menschen mit der Natur ist. Im urbanen Raum besteht die Gefahr, dass der Mensch den Bezug zur Umwelt verliert. Damit schwindet auch das Bewusstsein und die Handlungsmotivation für ökologische Themenfelder. Der Dachgarten „Klunkerkranich“ in Neukölln, Berlin, ist ein Beispiel für die Umwandlung von urbanen Flächen in grüne Oasen. Er ist des Weiteren ein Beispiel für Umweltbildung in der Stadt.

Die Seminarteilnehmenden der PW haben sich zu Anfang in thematische Untergruppen aufgeteilt. Die Verfasserinnen dieses Abschlussberichts bearbeiteten ein Projekt auf dem Klunkerkranich. Auf dem ehemaligen Parkdeck baute die Gruppe Vergleichsbeete, um die Wachstumsbedingungen von Terra Preta Substrat gegenüber Vergleichserde zu testen. Dabei wurden die Prinzipien der Permakultur bedacht. Der Bericht dient als Zwischenfazit eines langfristig angelegten Versuchs. Im Folgenden wird der Dachgarten vorgestellt. Anschließend folgt ein Bericht zu dem dort durchgeführten Versuch. Eine detaillierte Beschreibung der Durchführung der Versuchsbeete, die Ergebnisse der Analysen und das anschließende Fazit sollen der Gruppe des nächsten Semesters den Einstieg in den Versuch erleichtern und dazu motivieren, neue Versuche zu initiieren. Beispiele hierfür werden im Fazit beschrieben.

### **Wer oder was ist der Klunkerkranich?**

In Berlin gibt es viele Institutionen, die sich für ein gemeinsames Engagement urbaner Freiflächen einsetzen und Projekte initiieren, bei denen freiwillige Helfer\*innen immer willkommen sind. Ausgangspunkt dieser Projekte ist die Suche nach alternativen Nischen in der Stadt, die sich dem Alltäglichen (Arbeits-)Leben entziehen.

Unsere Gruppe wählte das Projekt „Roof-Top“. Der Klunkergarten ist ein Teil des Zuhause e.V. der Martinek & Schellenberg GbR. Der Dachgarten befindet auf dem Parkdeck sechs und sieben der Neuköllner Arkaden. Neben dem Garten leitet das Fuchs und Elster – ein Restaurant in Neukölln - dort eine Bar. Der Dachgarten öffnete vor über einem Jahr und ist längst kein Geheimtipp mehr. Die selbst gebaute Oase konnte mit Hilfe des Bauteams und eines selbstständig tätigen Handwerker verwirklicht werden. So wurde aus einem tristen Parkdeck ein grüner und bunt geblümter Dachgarten mit Hochbeeten. Der Klunkerkranich hat im Sommerbetrieb täglich geöffnet. Das Barteam bietet Speisen und Getränke aus regionaler Produktion an. Es besteht außerdem die Möglichkeit, Pflanzen für den Eigenbedarf gegen eine kleine Spende mit nach Hause zu nehmen. Angestellte vom

Klunkerkranich und alle freiwilligen Helfer dürfen sich zusätzlich an dem gepflanzten Obst und Gemüse erfreuen.

Die Philosophie des Klunkerkranichs beinhaltet die Prinzipien der Nachhaltigkeit. Neben dem Recyceln alter Ketchupbehälter oder sonstigen Materialien, die an irgendeiner Stelle verbaut werden, bemüht sich das Klunkergarten-Team um regionales Saatgut. Alternative Landwirtschaft ist ein wichtiges Anliegen des Dachgartens. Perma- und Mischkultur finden sich in allen Hochbeeten.

Bei Fragen ist am offenen Gartentag (mittwochs und samstags) immer eine Ansprechperson vorhanden, die die Verantwortung für den Garten übernimmt und Aufgaben zuteilen kann. Neben den Gartentagen werden unregelmäßig Workshops für Angestellte und Besucher organisiert. In der monatlichen Vollversammlung ist stets Raum für neue Ideen. So entstand z.B. die Färberküche. Dort können Kleidungsstücke und andere Lieblingsstücke aus Naturfasern mit Hilfe des Extraktes der angepflanzten Blumen gefärbt werden. Im August 2014 startete der Gartencorner, in dem es jeden Sonntagabend fünfzehnminütige Vorträge zu verschiedenen Themen gibt, die anschließend diskutiert werden. Bis zum Sommeranfang stand ein Bienenhotel auf dem Dachgarten. Aufgrund einer Krankheit der Bienen musste er vorerst wieder abgebaut werden. Das Gartenteam ist bemüht, ab dem Frühling 2015 neue Bienen zu beherbergen. Im Mai 2014 starteten wir unser eigenes Projekt.

### **Was haben wir gemacht?**

Das Worldcafé der PW „Permakultur und Terra Preta“ bot den Einstieg in die Projekte des Klunkerkranichs. Dort stellten Studierende des vergangenen Semesters ihre Projekte vor. Eine Woche später organisierte die Untergruppe „Klunkerkranich“ eine Kennenlern- und Einführungsveranstaltung auf dem Dachgarten. Laufende und geplante Projekte wurden erläutert: Die Wurmbox, die es weiterzuführen und zu beschriften galt, die Bepflanzung der Vertikalbeete, die Einführung einer Regenwassersammlung, der Bau eines Windrades, die Begrünung von Bänken und das Projekt der Versuchsbeete. Die Wurmbox baute die Gruppe des letzten Semesters. Es bestand jedoch das Problem, dass niemand wusste, womit die Box befüllt wird. Daraufhin bildete sich eine Kleingruppe, die sich mit dem Thema beschäftigte und eine Infotafel erstellte. Weiterhin bildete sich eine Kleingruppe, die mit Hilfe von Fahrradteilen und anderen recycelten Materialien ein Windrad bauen wollte. Diese Gruppe befindet sich jedoch immer noch in der Materialbeschaffung. Die Sitzbegrünung wurde vom Tutor dieses Projektes geplant und bis zu diesem Zeitpunkt nicht ausgeführt. Die Regenwassersammlung erweist sich durch die Auflagen des Dachgartens als schwierig. Die

Vertikalbegrünung wurde neben den Terra Preta Versuchsbeeten von einer weiteren Kleingruppe ausgebaut. Dieser Bericht wird ausschließlich von den Mitgliedern dieser letzten Kleingruppe geschrieben, die sich explizit mit den Terra Preta Versuchsbeeten auseinandersetzten.

### **Organisation der Kleingruppe**

Nach der Einteilung in Kleingruppen bearbeitete jedes Team seine Projekte selbstständig. Die Treffen der Kleingruppe „Terra Preta Versuchsbeete“ fanden mindestens einmal die Woche statt, teilweise auch mehrmals die Woche für mehrere Stunden - je nach Arbeitsaufwand. Eine wichtige Aufgabe der Kleingruppe bestand in der Teilnahme an den regelmäßigen Voll- und Gartenversammlungen. Die Versammlungen dienen der besseren Kommunikation und Zusammenarbeit auf dem Klunkerkanich. Während des Projektes herrschte eine gute Zusammenarbeit in der Gruppe, die in diesem Bericht widergespiegelt werden soll.

## **2 Ursprung der Terra Preta Erde und aktuelle Forschungsergebnisse**

Die in Amazonien indigene, teilweise bis zu mehrere Meter mächtige Terra Preta Erde, versorgt die Pflanzen ohne künstliche Zusatzstoffe oder chemischen Dünger nachhaltig. Seit weit über tausend Jahren ist die dunkle Erde den extremen Witterungsverhältnissen im Amazonasgebiet ausgesetzt und noch heute wachsen auf ihr Kulturen, die ohne Dünger auskommen. Dies lässt auf eine hohe Stabilität des Dauerhumus gegenüber äußeren Einflüssen schließen und demzufolge auch auf einen hohen Anteil an stabiler organischer Substanz. Dieser Anteil liegt ums Dreifache höher als bei umliegenden Böden im Amazonasgebiet (GLASER 2007). Des Weiteren weist Terra Preta eine hohe Kationenaustauschkapazität (GLASER et al. 2003), ein hohes Wasserspeichervermögen und günstige Porenstrukturen auf. Terra Preta enthält oftmals hohe Nährstoffanteile und ein gutes Nährstoffspeichervermögen (CHAN UND XU 2009), somit erhöht sich die Düngereffizienz. Auch weist Terra Preta im Amazonasgebiet einen 35 Mal höher liegenden Anteil von Kohlenstoffen als benachbarte Oxisolböden auf (GLASER et al. 2003).

Des Weiteren scheint die bakterielle Aktivität in Terra Preta höher als in Waldböden des Amazonasgebiets zu sein. Im Jahre 2006 nahmen Forscher der University of California (USA), University of Sao Paulo (Brasilien) und Universidade Estadual Paulista (Brasilien) Bodenproben aus dem westlichen Amazonasgebiet, um die bakterielle Diversität von nicht anthropogen beeinflussten Waldböden und anthropogen geprägten Terra Preta Böden zu untersuchen. Hierbei kamen die Forscher zu dem Ergebnis, dass die bakterielle Diversität in der Terra Preta Erde um 25% höher als in den unbeeinflussten Waldböden lag (JONG-SHIK et al. 2006).

Terra Preta entstand in ihrem Ursprungsgebiet am Amazonas aus einem Gemisch von Holzkohle, Asche, organischem Material wie Pflanzenresten, Knochen, Fischgräten und Exkrementen sowie Tonscherben. Hierbei scheint die Holzkohle der entscheidende Faktor für die Fruchtbarkeit der Erde zu sein. Unter anderem verhindert sie, dass essentielle Nährstoffe durch den hohen Niederschlag des Amazonasgebiets ausgewaschen werden.

### **Bestandteile und Herstellung**

Möchte man Terra Preta selbstständig herstellen, so gilt die Gleichung *Zerfasertes Holz + Holzkohle + fermentierter Urin + Gesteinsmehle + Regenwurmarbeit* (OLLENDORF 2012).

Terra Preta ist stets anthropogen geprägt. In ihr sind Pflanzen- und Wurzelreste, Mutterboden sowie menschengemachte Bestandteile wie Küchenabfälle, Knochen oder Fäkalien enthalten. Zur Herstellung von fermentiertem organischem Material, auch Bokashi genannt, wird zerkleinertes organisches Material mit Mikroorganismen luftdicht verschlossen. Dabei werden durch die sogenannte Milchsäuregärung Einfachzucker (Monosaccharide) wie Glucose im Gärungsprozess zu Milchsäure umgewandelt. Das besondere bei Terra Preta Erde ist dabei, dass Umwandlungsprozesse immer in Verbindung mit Holzkohle von statten gehen. In ihren Poren können sich Bodenorganismen wie Mykorrhiza ansiedeln, die sich von Ölen der Biochar ernähren. Somit werden Wurzelmykorrhizen gefördert. Auch erhöht die Pflanzenkohle die Aktivität der Bodenmikroorganismen. Die in ihr befindlichen Mikroorganismen bewirken den Prozess der Fermentation. Des Weiteren sichert die Holzkohle die Versorgung der Pflanzen mit essentiellen Kohlenstoff und die Bindung von unangenehmen Gerüchen, die beim Gärungsprozess entstehen. Durch die, bezogen auf das Volumen, relativ große Oberfläche der Holzkohle, können sich zahlreiche Mikroorganismen ansiedeln. Auch ist das Wasserhaltevermögen enorm hoch. Schlussendlich vererdet das zurückgeführte organische Material im Boden, unterstützt durch Bodenlebewesen und Mikroorganismen. Somit entsteht ein geschlossener Kreislauf.

Im menschlichen Urin sind bis zu 90% des ausgeschiedenen Stickstoffs enthalten. Weitere stickstoffhaltige Materialien können Stallmist von Tieren oder Brennesseljauche darstellen. Durch die Zerkleinerung von möglichst frischem, ligninhaltigem Holz wird die Humusbildung gefördert. Holz kann auch durch Stroh ersetzt werden, dies enthält jedoch nicht so viel Lignin, was die Humusbildung verringert. Insbesondere bei Sandböden können Defizite durch Tonmehl ausgeglichen werden. Die Pflanzenkohle, das sogenannte Biochar, bildet verkohltes organisches Material, das bei unter 700°C und ohne Einwirkung von Sauerstoff hergestellt werden kann.

### 3 Einführung in die Permakultur

In den 1970er Jahren entwickelt der australische Ökologe Bruce Charles „Bill“ Mollison gemeinsam mit David Holmgren das Konzept der Permakultur. Im Jahre 1981 erhalten sie dafür den alternativen Nobelpreis (RightLivelihood Award) (ANGER et al. 2012). 1978 erscheint das erste Buch der Permakulturisten „Permaculture One“ und setzt eine internationale Bewegung zur sinnvollen Flächennutzung in Gang. Der Begriff ist aus dem Englischen übersetzt. „Permaculture“ setzt sich aus den Begriffen „permanent“ und „agriculture“ zusammen, auf Deutsch dauerhafte oder beständige Landwirtschaft (ANGER et al. 2012). Das Konzept stellt einen Gegenentwurf langfristig ertragreicher Landwirtschaft zur vorherrschenden industriellen Landwirtschaft dar. In dem industriell geprägten Agrarsystem wird der Anbau von Monokulturen präferiert. Mollison und Holmgren erkennen die Probleme der Anbaumethode. Der intensive Pestizideinsatz verschmutzt die Böden und das Grundwasser. Er führt zu einem Artenverlust und erhöht das Erosionsrisiko einst fruchtbarer Böden. Der Ansatz von Mollison und Holmgren verfolgt ein naturnahes Agrarsystem. In der ursprünglichen Definition von Mollison ist

„Permakultur [...] das bewusste Design sowie die Unterhaltung von landwirtschaftlich produktiven Ökosystemen, die die Diversität, Stabilität und Widerstandsfähigkeit von natürlichen Ökosystemen besitzt. Die Philosophie hinter Permakultur ist eine Philosophie, die mit und nicht gegen die Natur arbeitet, eine Philosophie, der fortlaufenden und überlegten Observation und nicht der fortlaufenden und gedankenlosen Aktion; sie betrachtet Systeme in all ihren Funktionen, anstatt nur eine Art von Ertrag von ihnen zu verlangen, und sie erlaubt Systemen ihre eigene Evolution zu demonstrieren.“ (MOLLISON 1978)

Ein weiterer, international bekannter Permakulturist ist der Österreicher Sepp Holzer und sein Krameterhof; „Permakultur bedeutet, mit offenen Augen durch das Leben zu gehen und im Buch Natur lesen zu lernen. [...] Für die eigene Permakultur ist es also nötig, die Natur zu beobachten, zu begreifen und nachzuvollziehen“ (HOLZER 2008). Seine „Holzer’sche Permakultur“, benannt nach Mollison, „beruht auf einem Denken in Zusammenhängen und Wechselwirkungen, nicht linear, sondern zirkulär, mit fortlaufenden Rückkopplungsschleifen“ (ANGER et al. 2012):

- ❖ Alle Elemente eines Ökosystems sind miteinander verbunden und wirken aufeinander, wobei die Vielfalt der Arten von Pflanzen und Tieren zu bevorzugen ist.

- ❖ Die einzelnen Bestandteile – Pflanzen, Insekten, Tiere, Wasserflächen, Erde, Felsen usw. – erfüllen mehrere Funktionen; auch werden sie von mehreren Elementen gestützt und gefördert.
- ❖ Ressourcenraubende Verfahren werden durch energieeffiziente Prozesse ersetzt, Hochtechnisiertes durch „Lowtech“.
- ❖ Nutzung der vor Ort gegebenen natürlichen Ressourcen, Materialien und „Abfälle“, z.B. Biomasse, Humus, Lehm, Wasser- keine Rohstoffimporte aus weit entfernten Regionen und Ländern.
- ❖ Intensive Nutzung der Bestandteile auf kleinem Raum, wobei diese sich gegenseitig fördern und unterstützen, z.B. durch Zusammensetzen verschiedener Pflanzen (da sie sich in der Entwicklung gegenseitig helfen) oder durch geschickte Strukturierung ebener Flächen mittels Hügelbeeten, Kräuterspiralen (in die Höhe) oder Kratergärten, Kegelbeete (in die Tiefe).
- ❖ Entscheidend ist das aufmerksame Beobachten, Berücksichtigen und Respektieren natürlicher Prozesse.

(ANGER et al. 2012)

Nach Holzer gilt: „Je vielfältiger das System, desto stabiler und ertragreicher ist es!“, und: „Je besser es gelingt, verschiedene Ebenen auszunutzen, desto mehr Grünmasse findet auf kleinem Raum Platz“ (HOLZER 2008).

Permakultur ist weniger eine strikt definierte Handlungsanweisung, als die Philosophie eines Versuchs, landwirtschaftliche – aber mittlerweile z.B. auch soziale - Systeme nachhaltiger zu gestalten und (urbane) Flächen effizient und effektiv zu nutzen. Nach den Prinzipien der Permakultur sollen ökonomisch sinnvolle Systeme entwickelt werden, die kein unkontrolliertes Wachstum generieren. Das soll möglichst ohne Abfälle zu produzieren oder Verschmutzung zu verursachen geschehen. Die Permakultur soll dem lokalen Ökosystem so nahe wie möglich gestaltet sein (JEZIK 2008).

## 4 Mischkultur als Gegenentwurf zur Monokultur

Die Mischkultur steht im Gegensatz zu der Monokultur für den Anbau unterschiedlicher Pflanzen in einem Beet. Sie wird meist „in Form einer Kreuztabelle mit günstigen und ungünstigen Nachbarn“ visualisiert (FASSMANN 2009). Im Folgenden ein Beispiel einer solchen Tabelle:

	Bohnen	Bohnenkraut	Dill	Endivien	Erbsen	Erdbeeren	Gurken	Kapuzinerkresse	Kartoffeln	Knoblauch	Kohlrarten	Kohlrabi	Kopfsalat	Lauch	Möhren	Pfefferminze	Pflücksalat	Radies/Rettich	Rote Rüben	Sellerie	Spinat	Tomaten	Zucchini	Zwiebeln
Bohnen	grün	grün	grün	grün	rot	grün	grün	grün	grün	rot	grün	grün	grün	rot	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	rot
Bohnenkraut	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Dill	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Endivien	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Erbsen	rot	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	rot	rot	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	rot
Erdbeeren	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Gurken	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Kapuzinerkresse	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Kartoffeln	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Knoblauch	rot	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Kohlrarten	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Kohlrabi	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Kopfsalat	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Lauch	rot	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Möhren	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Pfefferminze	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Pflücksalat	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Radies/Rettich	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Rote Rüben	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Sellerie	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Spinat	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Tomaten	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Zucchini	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Zwiebeln	rot	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün

Abbildung 1: Beispiel einer Kreuztabelle für Mischkultur. Rot: ungünstige Nachbarn, grün: günstige Nachbarn, grau: neutral. (Quelle: Kleingärtnerverein Sonnenland e.V.)

Welche Pflanze ein guter und welche ein schlechter Nachbar ist, hängt unter anderem mit den Ansprüchen derselbigen zusammen. Fakt ist: Nur wenige Pflanzen leben gern allein. In einer gut durchdachten Mischkultur profitieren die Pflanzen voneinander. Wird das Konkurrenzverhalten der Pflanzen bedacht und passende Kulturen miteinander kombiniert, verringert sich das Schädlings- und Krankheitsaufkommen im Vergleich zu anderen Anbaumethoden. Auch können einige Pflanzen Nützlinge für andere anlocken oder Schädlinge fernhalten. Zu diesem Zweck werden häufig Kräuter und Blumen mit in das Beet

gesetzt. Pflanzen, die nebeneinander wachsen, stehen in nachbarschaftlicher „Konkurrenz um Nährstoffe, Wasser, Licht und Platz“ (FASSMANN 2009). Allerdings sind nicht alle Pflanzpartnerschaften reziprok, ergo in beide Richtungen effektiv und sinnvoll. Zum Beispiel wächst die Möhre in der Nachbarschaft der Zwiebel besser, andersherum gilt das für die Zwiebel aber nicht.

Unter dem Begriff Mischkultur ist mehr zu verstehen, als eine Kreuztabelle aus Kombinationen von Pflanzen - „Pflanzenfamilien, Fruchtfolgeplanung und Anbaupausen, Nährstoffbedürfnisse, Standort- und Klimaverhältnisse und eine ganzjährige Beetplanung mit gestaffelten Aussaaten und Ernten“ sollten für eine erfolgreiche Ernte bedacht werden (FASSMANN 2009). Ein durchmischtes Beet mit Pflanzen unterschiedlicher Höhen sorgt beispielsweise für eine ganzjährige Bedeckung des Bodens. Dadurch ist der Boden vor Abschwemmung und Sonne geschützt. Im Vergleich zu einer einfachen Fruchtfolgeplanung wird das Gemüse jedes Jahr auf einem anderen Beet ausgesät. Das macht die Mischkultur unter anderem zu einem aufwändigeren Unterfangen. Mischkultureffekte können regionsspezifisch variieren, da sie von vielen Faktoren wie Boden und Klima abhängig sind.

### **Stark-, Mittel- und Schwachzehrer**

Eine gängige Methode in der Fruchtfolgeplanung ist, „die Gemüsearten unabhängig von ihren Familien nach ihrem jeweiligen Nährstoffbedarf einzuteilen“ (FASSMANN 2009). Pflanzen können in Stark-, Mittel- und Schwachzehrer differenziert werden. Die Unterteilung erfolgt unter Berücksichtigung des Stickstoffbedarfs. Zu den Starkzehrern gehören zum Beispiel alle Kohlarten außer Kohlrabi: „Sie brauchen in der Saison 18 bis 20 g reinen Stickstoff pro Quadratmeter. Das entspricht etwa 3,5 kg Kompost plus 50 bis 80 g Hornspäne oder 100 bis 200 g Rizinus- oder Rapsschrot pro Quadratmeter.“ (FASSMANN 2009) Mittelstarkzehrer sind Gemüsearten wie Tomaten, Gurken, Kürbisse und Paprikas. Sie benötigen 16 bis 18 g reinen Stickstoff pro Quadratmeter. Manche Gärtner\*innen zählen sie noch zu den Starkzehrern, weil sie im Vergleich zu anderen Mittelstarkzehrern wie Kohlrabi, Endivien und Spinat (10-16 g reinen Stickstoff/qm, 2kg Kompost und 35 g Hornspäne oder 80 g Rizinus- oder Rapsschrot/qm) einen hohen Stickstoffbedarf aufweisen. Schwachzehrer sind Gemüsepflanzen wie Erbsen, Feldsalat und Kräuter. Ihnen reichen null bis sieben Gramm reiner Stickstoff pro Quadratmeter (2 kg Kompost). Grenzgänger, die zu den schwachen Mittelstarkzehrern gehören können, sind zum Beispiel Zwiebeln, Möhren und Salate. Eine extra Düngung ist durch die Vermischung der Pflanzen nicht vonnöten.

## **Was bei der Mischkultur bedacht werden muss:**

### **1. Pflanzabstände**

Ein häufiger Fehler bei der Umsetzung einer Mischkultur ist die zu dichte Aussaat. Dadurch erhöht sich der sogenannte inter- und intraspezifische Konkurrenzdruck und kann negative Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum oder deren Gesundheit haben. Grundsätzlich sollten „die Blätter der ausgewachsenen Pflanzen [...] sich gerade berühren oder etwas überlappen“ (FASSMANN 2009).

### **2. Wetterverhältnisse**

Es sollte auch darauf geachtet werden, schatten- und sonnenliebende Arten zusammen zu pflanzen, damit diese sich ergänzen (Schatten spenden oder den Boden bedecken) und nicht in Konkurrenz zueinander stehen. Weiterhin ist die Windempfindlichkeit ein wichtiger Punkt: Gemüse wie alle Kohl-, Salat- und Spinatarten, die relativ nah am Boden bleiben, sind weniger windempfindlich als „Gemüsearten mit großen Blättern, einer großen Blattmasse oder langen Trieben wie Kürbisgewächse, Bohnen und Tomaten [...]“ (FASSMANN 2009).

### **3. Pflanzenverwandschaften**

Einige Pflanzen scheiden Wurzelsekrete aus, um Pflanzen derselben Art, Familie oder Mitglieder anderer Familien am Wachsen zu hindern, wenn sie um Ressourcen konkurrieren. Pflanzte man eine Art oder Vertreter derselben Familie mehrere Jahre hintereinander auf demselben Beet an, kann das zu Ertragsrückgängen und verminderter Samenkeimung führen. Auch Krankheiten und Schädlinge können dadurch vermehrt auftreten. Die Pflanzen verderben durch die Ähnlichkeit ihrer Wurzelausscheidungen den nachfolgenden ähnlichen oder gleichen Kulturen den Boden. Zudem verbrauchen sie vergleichbare Mengen an Nährstoffen. Die „Anreicherung von pflanzengiftigen Wurzelausscheidungen“ im Boden nennt sich Selbstunverträglichkeit (FASSMANN 2009).

### **4. Kulturen und Wurzelbildung**

Neben der Einteilung von Pflanzen nach ihrem Stickstoffbedarf, gibt es Neben-, Vor-, Nach-, und Zwischenkulturen: es gibt kurzlebige (z.B. Salat) und langlebige (z.B. Tomaten) Kulturen, sowie Dauerkulturen, die mehrere Jahre auf einer Fläche stehen können. Eine optimale Nutzung der Nährstoffe im Boden erfolgt außerdem, wenn man Tief- und Flachwurzler in ein Beet pflanzt.

## 5 Bau der Versuchsbeete

Für die Durchführung der Versuche mit Terra Preta Erde im Vergleich zu normaler Erde (Friedhofserde) mussten zunächst die Materialien beschafft werden. Das Holz zum Bauen der Kästen, sowie die Wasserschläuche, Hähne und Verbindungsstücke wurden vom Klunkerkranich gestellt. Ebenso auch die Friedhofserde, der Fließ und die Glasfaserdochte. Wie diese Materialien eingearbeitet wurden, wird im Folgenden erläutert.

Zunächst einmal wurden Europaletten in Standardgröße (1200 x 800cm) als Untergrund für die Pflanzkästen benötigt. Darauf wurden drei Mittelstreben geschraubt, um den nötigen Halt für die Seiten zu gewährleisten. Die Seitenstücke der Pflanzkästen wurden mittels einer Schablone vorher zusammenschraubt und dann an der Außenseite der Mittelstreben mit Schrauben befestigt. Danach folgten drei innere Balken auf Stützen, die jeweils in der Mitte und an den Seiten befestigt worden, um die Erde zu halten, mit Hilfe darauf liegender Latten, und damit ein Wassersystem direkt unter der Erde installiert werden konnte. Wichtig zur Stabilisation des Konstruktes und damit die Kästen symmetrisch gebaut werden konnten, war die Mittellatte zwischen dem oberen und dem unteren Teil des Beetes (siehe Abb. 2). Daraufhin konnten die Latten vorne und hinten an den Seitenstücken angeschraubt werden. Während zur Vorderseite hin alle Latten angeschraubt worden, wurden am hinteren Teil der Kästen zwei Latten ausgelassen (genauso wie an den Seiten), damit das Bewässerungssystem hinzugefügt werden konnte und für spätere Verbesserungen noch erreichbar ist. Für die Versuche wurden insgesamt 6 solcher Pflanzkästen benötigt. Diese fertig gebauten Kästen sind in Abbildung 3 ersichtlich.



**Abbildung 2: Grundgerüst der Pflanzkästen mit Seitenstücken**



**Abbildung 3: Fertiger Pflanzkasten**

Nach dem Bau der Pflanzkästen konnte das Wassersystem eingebaut werden. Hierbei wurden pro Pflanzkasten zwei große Eimer (Fassungsvermögen 10 kg) benötigt, einer für

den hinteren Teil und einer für den vorderen Teil des Pflanzkastens. In diese wurde ein Loch im unteren Drittel der Seite gebohrt und ein T-Verbindungsstück mit Silikondichtung eingebaut (siehe Abb. 4). Mittels des T-Stücks konnten nun die Wasserschläuche angeschlossen werden und mit einander verbunden werden. Um ein leichteres Auseinanderbauen gewährleisten zu können, wurden in die Wasserschläuche zwischen den Eimern immer jeweils ein Wasserhahn und ein Verbindungsstück eingearbeitet (siehe Abb. 5).



**Abbildung 4: Wassereimer mit T-Verbindungsstück**



**Abbildung 5: Wasserhahn und Verbindungsstück**

Nachdem das Wassersystem vollständig für jeden Pflanzkasten installiert wurde, konnten die einzelnen Wassersysteme mit den Verbindungsstücken zu einem gesamten Wassersystem zusammengefügt werden. Nun konnten die Latten auf die inneren Balken der Pflanzkästen gelegt werden. Damit die geplanten Pflanzen das Wasser eigenständig aus den Wasserbehältern saugen können, wurde jeweils ein Glasfaserdocht durch eine der Latten in den Eimer geleitet. An diesem Glasfaserdocht wurde Fließ befestigt, der in Streifen durch das gesamte Beet gelegt wurde (siehe Abb. 6).



**Abbildung 6: Latten mit Glasfaserdocht und Fließ**

## **Befüllen der Kästen mit Erde**

Die Kästen wurden mit Kunststoffolie ausgelegt, damit das Holz vor Erde und dem damit einhergehenden Verfaulen durch Feuchtigkeit des Bodens vorgebeugt werden kann. Diese wurde im Inneren der Kästen fest getackert. Nach dem Fertigstellen der gesamten Pflanzkästen wurden diese mit Erde befüllt. Drei Kästen wurden mit Friedhofserde, die vom Klunkerkranich gestellt wurde, befüllt. Die anderen drei Kästen wurden mit Terra Preta Erde aus dem Botanischen Garten, die uns freundlicherweise von Dr. Jürgen Reckin gespendet wurde, befüllt. Die Friedhofserde wurde vor dem Einpflanzen der Samen gründlich durchgepflügt und bereits ersichtliches Unkraut wurde entfernt. Dieser Vorgang musste bei der Terra Preta Erde nicht durchgeführt werden, da diese durch das Autoklavieren frei von Sämlingen ist.

Die Aufstellung der Beete auf dem Parkdeck P7 des Klunkerkranichs erfolgte nach folgendem Untersuchungsdesign.

## **6 Untersuchungsdesign**

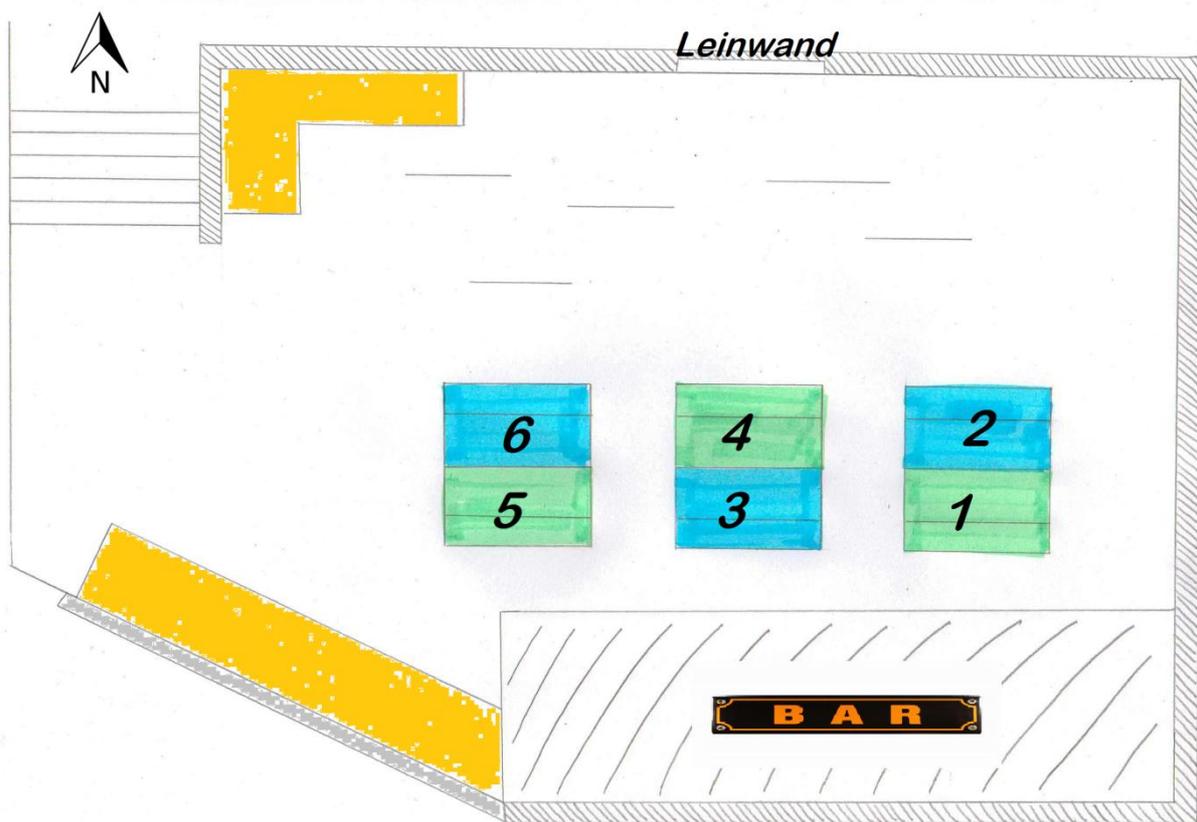
Um zu einer aussagekräftigen Datenerfassung zu gelangen, ist es entscheidend ein Untersuchungsdesign zu entwerfen, das die Verallgemeinerbarkeit der Daten gewährleistet. Zu einem Untersuchungsdesign mit wissenschaftlichem Anspruch gehören dabei eine ausreichende Stichprobengröße, die Gewährleistung der Unabhängigkeit der Stichproben, die Kontrolle störender Einflüsse, sowie die Anfertigung von Kontrollproben als Vergleichsbasis.

Die ausreichende und effiziente Mindest-Stichprobengröße sollte pro zu untersuchender Variable mindestens zehn betragen (NIST UND SEMATECH 2014) Die Anzahl der zu untersuchenden Variablen beträgt in diesem Falle eins, da es sich um den zu untersuchenden Einfluss der verschiedenen Erden (Friedhofserde und Terra Preta) auf das Pflanzenwachstum handelt. Daher sollten mindestens fünf Beete mit jeweils Friedhofserde und Terra Preta angefertigt und befüllt werden. Aus Kapazitäts- und Platzgründen konnte diese Vorgabe jedoch nicht erfüllt werden. Es wurden für jeden Erdentyp jeweils drei Beete angefertigt. Dies entspricht einer Stichprobengröße von  $n=6$ . Die Aussagekraft der Ergebnisse der statistischen Tests ist daher eingeschränkt. Um die Unabhängigkeit der Stichproben in einem ökologischen Experiment zu gewährleisten, gilt es die räumliche Autokorrelation der Stichproben zu vermeiden (NIST UND SEMATECH 2014). Daher wurden die Beete hier jeweils zu einem Block aus zwei Beeten mit unterschiedlicher Erde

zusammengefasst (siehe Abb. 7). Diese Anordnung bezeichnet man als Blockdesign (NIST UND SEMATECH 2014). Ein Blockdesign dient nicht nur der Sicherstellung der Unabhängigkeit der Stichproben, sondern auch zur Kontrolle störender Einflüsse (NIST UND SEMATECH 2014). Die einzelnen Blöcke wurden verteilt über die Versuchsfläche platziert und damit entlang von Umweltgradienten angeordnet. Es erfolgt so eine Minimierung des Einflusses störender Faktoren wie beispielsweise Sonneneinstrahlung, Windeinwirkung etc. Diese sollten daher bei der Interpretation der Ergebnisse eine untergeordnete Rolle spielen (NIST UND SEMATECH 2014). Als Kontrollproben für die Behandlung diente in diesem Falle die Friedhofserde, von der angenommen wurde, dass sie hinreichend unterschiedlich in ihren Eigenschaften zur Terra Preta Erde ist. Zu der Terra Preta Erde, die von Dr. Jürgen Reckin zur Verfügung gestellt wurde, lagen vor dem Versuch Werte über deren Zusammensetzung vor. Diese sind in Tab. 1 dargestellt.

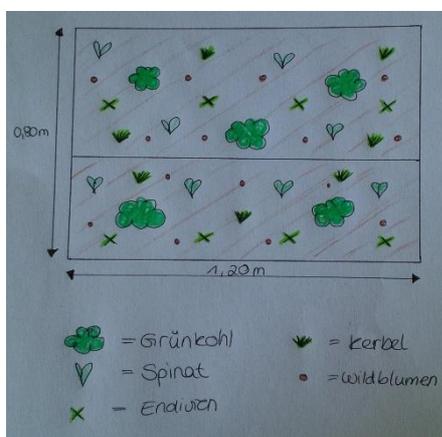
**Tabelle 1: Terra Preta Substrat Eigenschaften mit Minimal-Wert (Min), Maximal-Wert (Max) und Mittelwert (MW)**

	Min	Max	MW
Wassergehalt %	54,6	58,7	56,2
pH	7,59	7,82	7,71
WHKmax %	63,4	86,0	78,0
Rohdichte FS g/l	658,5	906,1	817,9
Salzgehalt g/L FS	1,1	2,1	1,7
OS %	32,1	47,7	38,9
C %	20,6	32,9	25,9
N %	0,65	0,74	0,71
Nmin mg/L FS	22,8	56,0	39,43
P mg/L FS	64,2	64,7	64,5
K mg/L FS	1504,9	1872,9	1688,9
Mg mg/l FS	204,5	230,6	217,6
Na mg/l FS	85,9	110,4	98,1



**Abbildung 7: Anordnung der Versuchsbeete auf dem Parkdeck P7 des Klunkerkranichs im Blockdesign, ein Block jeweils bestehend aus einem Beet mit Friedhofserde (grün) und Terra Preta (blau).**

Nach dem Aufstellen der Pflanzkästen konnte die Aussaat am 16.07.2014 beginnen. Aufgrund der Zeitverzögerung bei der Beschaffung der Terra Preta Erde war die Auswahl an Pflanzen für eine späte Aussaat im Juli geringer als im Frühjahr. Die Auswahl der Pflanzen wurde anhand von Pflanzkalendern und den Bestimmungen für Mischkulturen getroffen. Dabei entstand die in Abbildung 6 ersichtliche Beetzusammenstellung.



**Abbildung 8: Pflanzplan für Versuchsbeete**

Mit Hilfe der zuvor im Kapitel Mischkultur eingeführten Einteilung in Stark-, Mittel- und Schwachzehrer, je nach Stickstoffbedarf der Pflanzen, wurde eine geeignete Auswahl an Pflanzen für einen Mischkultur getroffen. Als Starkzehrer wurde Grünkohl gepflanzt, jeweils drei im oberen Beet und zwei im unteren. Die Positionierung entstand aufgrund der einzuhaltenen Pflanzabstände von mindestens 30 cm. Spinat gilt als Mittelzehrer, dieser

wurde im oberen sowie auch unteren Beet vier Mal mit einem Pflanzabstand von mindestens 20 cm eingesät. Für die Aussaat an Schwachzehrern standen viele Salatsorten zur Auswahl. Es wurde schlussendlich Endivie gewählt, da diese auch bei geringen Flächengrößen neben anderen gepflanztem Gemüse wachsen können. Diese wurden auch jeweils im oberen als auch im unteren Beet mit vier Positionen im Abstand von 20 cm besetzt. Zusätzlich wurde Kerbel als Wildkraut eingesetzt, um Schädlingen entgegenzuwirken und einen Nährstoffausgleich des Bodens zu fördern. Dieser wurde im oberen Beet an vier Stellen zwischen Grünkohl, Spinat und Endiviensalat gesetzt und im unteren Beet jeweils dreimal ausgesät. Außerdem wurde eine Wildblumenmischung bestehend aus Kornblumen, Ringelblumen und anderen Blumen zwischen den Gemüsesorten ausgebracht. Diese verhindern Schädlinge, die an Gemüse gehen und locken gleichzeitig Insekten an, die die Pflanzen positiv unterstützen. Von Beginn der Pflanzung an wurden die zu beobachteten Pflanzfortschritte mittels eines Forschungstagebuchs festgehalten. Die Beete wurden beobachtet, Krankheiten und Schädlinge, Unkräuter sowie der Wachstumsverlauf wurden festgehalten. Da Samen noch keine Wurzeln besitzen und somit noch nicht selbstständig Wasser aus dem installierten Wassersystem entnehmen konnten, wurde ein Gießdienst organisiert.

## **Ernte**

Am 03.09.2014 wurden die Endivien und der Spinat aus allen sechs Beeten geerntet. Dazu wurden die Pflanzen oberhalb der Wurzeln abgetrennt und mithilfe einer Küchenwaage gewogen. Die Wurzeln wurden in der Erde belassen um einen teilweisen Nährstoffrückfluss zu gewährleisten. Der Grünkohl wurde am 27.09.2014 auf die gleiche Weise geerntet und abgewogen. Bei der Ernte wurde die Pflanzen auf etwaige Krankheiten untersucht und diese nach qualitativen Gesichtspunkten festgehalten.

## **Bodenanalyse**

Nach der Ernte wurden aus jedem Beet Bodenproben genommen und im Labor des Fachbereichs Bodenkunde der Technischen Universität von Dr. Anne Wagner auf den pH-Wert untersucht.

## 7 Ergebnisse

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Ernte in Gewicht in g pro Beet. Dabei zeigen Tabellen 2 - 4 den Ertrag pro Beet für die Gemüsearten Endivie, Spinat und Grünkohl und die Tabelle 5 die zusammengerechneten Werte für die Beete Nr. 1-6.

<b>Tabelle 2: Ergebnisse der Endivien-Ernte in Gewicht pro g pro Beet mit Friedhofserde (FE) oder Terra Preta (TP)</b>			<b>Tabelle 3: Ergebnisse der Spinat-Ernte in Gewicht pro g pro Beet mit Friedhofserde (FE) oder Terra Preta (TP)</b>		
<b>Beet Nr.</b>		<b>Gewicht in g</b>	<b>Beet Nr.</b>		<b>Gewicht in g</b>
1	FE	1480	1	FE	1279
4	FE	1324	4	FE	387
5	FE	970	5	FE	310
2	TP	943	2	TP	860
3	TP	641	3	TP	384
6	TP	177	6	TP	494

<b>Tabelle 4: Ergebnisse der Grünkohl-Ernte in Gewicht pro g pro Beet mit Friedhofserde (FE) oder Terra Preta (TP)</b>			<b>Tabelle 5: Ergebnisse der Ernte in Gewicht pro g pro Beet mit Friedhofserde (FE) oder Terra Preta (TP)</b>		
<b>Beet Nr.</b>		<b>Gewicht in g</b>	<b>Beet Nr.</b>	<b>Erde</b>	<b>Gewicht in g</b>
1	FE	1135	1	FE	3894
4	FE	1580	4	FE	3291
5	FE	1050	5	FE	2330
2	TP	1090	2	TP	2893
3	TP	660	3	TP	1685
6	TP	230	6	TP	901

Bei der Betrachtung der Ergebnisse fallen zunächst die großen Schwankungen der Erträge innerhalb der Beete mit gleicher Erde auf, die im Falle der Beete Nr. 2 und Nr. 6, die beide mit Terra Preta befüllt sind, teilweise das fünffache betragen (Endivie Beet Nr. 2 970 g, Nr. 6 177 g). Dies lässt vermuten, dass die unterschiedlichen Standortbedingungen der Beete einen Einfluss auf das Pflanzenwachstum gespielt haben. Die Beete Nr. 1 und 2 erzielten für Endivie, Spinat und Grünkohl die jeweils höchsten Werte. Dies könnte an dem geschützteren

Standort der Beete am Rand der Fläche liegen (siehe Abb. 7). Demgegenüber schnitt Beet Nr. 6 am schlechtesten für alle drei Gemüsesorten ab, was an den ungünstigeren Wachstumsbedingungen an diesem Standort liegen könnte. Hier herrscht vermutlich ein anderes Mikroklima als an den Standorten der Beete Nr. 1 und Nr. 2, das durch vermehrte Sonneneinstrahlung und erhöhte Windeinwirkungen geprägt ist. Dies führte vermutlich zu vermehrtem Trockenstress und beeinflusste das Pflanzenwachstum negativ.

Es scheinen nicht nur die unterschiedlichen Standortbedingungen einen Einfluss auf das Pflanzenwachstum gehabt zu haben, sondern auch die verschiedenen Substrate der Friedhofserde und Terra Preta Erde. Der Ertrag in den Beeten mit Friedhofserde liegt (mit Ausnahme von Beet Nr. 5) durchweg höher als in den Terra Preta Beeten. Um zu überprüfen, ob dieser Unterschied statistisch signifikant ist, wurde ein t-Test mit unabhängigen Stichproben durchgeführt, mit dem Ergebnis, dass sich die Mittelwerte der Gesamt-Erträge nicht signifikant voneinander unterscheiden (p-Wert 0,1459). Die Aussagekraft des statistischen Tests ist jedoch aufgrund der kleinen Stichprobe gering.

Der höhere Ertrag in den Beeten mit Friedhofserde lässt sich durch verschiedene Faktoren erklären. Bei der Betrachtung der Ergebnisse der pH-Messung fällt auf, dass die Werte der Terra Preta Erde durchweg höher liegen als die der Friedhofserde (siehe Tab. 6). Die pH-Werte der Terra Preta liegen dabei über dem optimalen Bereich. Bei hohem pH-Wert sind Nährstoffe wie P schlecht für Pflanzen verfügbar. Dies kann das schwächere Wachstum der Pflanzen in den Beeten mit Terra Preta Erde erklären.

Aus den Werten der Terra Preta Erde, die von Dr. Jürgen Reckin hergestellt wurde (Tab. 1) geht des Weiteren hervor, dass wenig Stickstoff und Phosphor in dem Terra Preta Substrat vorhanden ist und den Pflanzen somit nicht zum Wachstum zur Verfügung stand. Dies lässt vermuten, dass die Friedhofserde im Vergleich zur Terra Preta mehr Nährstoffe enthält und dadurch ein besseres Pflanzenwachstum gewährleistet.

**Tabelle 6: Ergebnisse der pH-Messung mit  $\text{CaCl}_2$  aus den Beeten mit Friedhofserde (FE) und Terra Preta (TP)**

Beet Nr.		1. Wert	2. Wert	Mittelwert
1	FE	7,14	7,12	7,13
4	FE	6,96	7,09	7,03
5	FE	7,09	7,11	7,10
2	TP	7,43	7,37	7,4
3	TP	7,55	7,62	7,59
6	TP	7,63	7,61	7,62

Bei der Ernte wurden verschiedene Krankheiten der Pflanzen und Schädlinge wie Blattläuse festgestellt. Hier fiel insbesondere der Befall der Pflanzen mit Mehltau, einer Pilzerkrankung auf. Die Pflanzen in der Terra Preta waren dabei insgesamt weniger betroffen, als die in der Friedhofserde, bei denen Mehltau häufig vorkam. Die Terra Preta wurde durch Autoklavieren thermisch behandelt. Die dadurch erfolgte Abtötung von Keimen kann das verminderte Auftreten von Mehltau an Pflanzen der Terra Preta Beete erklären.

## 8 Fazit

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Gesamt-Ertrag aller drei Gemüsesorten bei der Friedhofserde höher lag als bei der Terra Preta Erde. Dies kann durch verschiedene Faktoren wie Unterschiede im pH-Wert, in den Nährstoffwerten und durch höheren Unkrautdruck erklärt werden. Ein Vergleich der beiden Erden ist dabei jedoch nur eingeschränkt möglich, da die künstlich hergestellte Terra Preta nicht direkt mit einer unbehandelten Friedhofserde vergleichbar ist. Die Schwankungen in den Erträgen zwischen den Beeten mit gleicher Erde können durch die unterschiedlichen Mikroklimata an den verschiedenen Standorten auf dem Parkdeck erklärt werden.

Der pH-Wert der Terra Preta Erde lag vor dem Versuch höher ( $\text{pH} = 7,71$ ) als nach der Ernte ( $\text{pH MW} = 7,54$ ). Die pH-Wertsenkung lässt sich durch die Atmung von Bodenlebewesen und Pflanzenwurzeln erklären, wodurch Kohlensäure entsteht (LAND-, FORST- UND HAUSWIRTSCHAFTLICHE BERUFSBILDUNG o.J.). Auch wurden Pflanzenreste als Form der Gründüngung unter die Erden gemischt. Dies kann dazu führen, dass sich bereits vorher abgegebene Protonen mit Pflanzensalzen verbinden und den pH-Wert natürlich absenken. Dessen ungeachtet liegt der pH-Wert der Terra Preta in einem Bereich, in dem bei den bereits unterhalb des Optimums liegenden Stickstoff- und Phosphor-Gehalten die Phosphor-Verfügbarkeit zusätzlich verringert wird. Dies kann das geringere Wachstum auf der Terra Preta Erde erklären.

In Zukunft sollte in weiteren Versuchen der Mehrwert der Terra Preta Erde gegenüber anderen Substraten untersucht werden. Hierzu bietet es sich an, eine andere künstlich hergestellte Erde als Vergleichserde heranzuziehen. Es sollten von beiden Erden Bodenanalysen vor und nach der Bepflanzung angefertigt werden. Es gilt zu klären, ob die hier verwendete Terra Preta Erde auch nach mehrmaliger Bepflanzung die Nährstoffzufuhr sichert oder ob Dünger für die Pflanzenernährung hinzugefügt werden muss. Für künftige Versuche wäre es des Weiteren interessant zu untersuchen, wie hoch der Nährstoffgehalt in den geernteten Pflanzen ist. Es sollten hierzu mehr Beete gebaut und mit Terra Preta Substrat sowie Vergleichserde befüllt werden, sodass der Stichprobenumfang auf  $n=10$

anwächst. Damit ist die Aussagekräftigkeit der Ergebnisse erhöht und eine Verallgemeinerbarkeit zulässig.

Trotz großer Bemühungen konnten nicht alle Einflüsse auf das Pflanzenwachstum kontrolliert werden. Die Beete auf dem Parkdeck P7 des Klunkerkranichs sind stets anthropogen Störungen ausgesetzt. Neben Pflanzenschäden durch Anlehnen oder Abreißen fanden sich immer wieder Zigarettenstummel, Papers und Plastikteile in den Beeten. Deren Einfluss auf das Pflanzenwachstum kann als gering eingeschätzt werden, sollte jedoch stets bedacht werden.

## 9 Danksagung

Wir möchten uns hiermit ganz herzlich bei Dr. Jürgen Reckin für die großzügige Spende der Terra Preta Erde bedanken, ohne die dieser Versuch nicht möglich gewesen wäre. Auch möchten wir uns bei Dr. Anne Wagner und Herr Professor Dr. Martin Kaupenjohann für die Durchführung der Bodenanalyse im Labor des Fachbereichs Bodenkunde bedanken. Ganz besonders möchten wir natürlich auch dem gesamten Klunkerkranich Gartenteam für die Unterstützung, die Hilfe beim Bau der Versuchsbeete und für das Beschaffen von Materialien danken. Zu guter Letzt ein herzliches Dankeschön an die Tutor\*innen der PW für die Ansprechmöglichkeiten und die Kontaktvermittlung von Dr. Jürgen Reckin.



## 10 Quellen

**ANGER, J., FIEBRIG, I., SCHNYDER, M.** (2012): Jedem sein Grün! Urbane Permakultur: Selbstversorgung ohne Garten. Kneipp-Verlag GmbH und Co KG, Wien.

**LAND-, FORST- UND HAUSWIRTSCHAFTLICHE BERUFSBILDUNG** (o.J.): Kalkdüngung im Grünland. Im Internet unter [http://www.provinz.bz.it/land-hauswbildung/download/kalkduengung\\_web.pdf](http://www.provinz.bz.it/land-hauswbildung/download/kalkduengung_web.pdf). Aufgerufen am 26.09.2014.

**CHAN, K. Y. AND XU, Z.,** (2009): Biochar: Nutrient Properties and Their Enhancement. In: Biochar for Environmental Management: Science and Technology (Eds. Lehmann, J. & Joseph, S.), Earthscan.

**FASSMANN, N.** (2009): Auf gute Nachbarschaft. Mischkultur im Garten. Pala-Verlag, Darmstadt.

- GLASER, B., GUGGENBERGER, G., HAUMAIER, L. AND ZECH, W.** (2003): Organic Chemistry Studies on Amazonian Dark Earths. In: Lehmann, J., Kern, D., Glaser, B., Woods, W. (Hg.): Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, and Management. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer, S. 227–241.
- GLASER, B.** (2007): Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. In: Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 362, Nr. 1478, 28. Februar 2007, S. 187–196.
- HOLZER, S.**(2003): Holzer'sche Permakultur. Alternativen für ein nachhaltiges Wirtschaften mit der Natur.
- JEZIK, K.**(2008): Permakultur. Vortrag, Universität für Bodenkultur Wien.
- JONG-SHIK, K., SPAROVEK, G., LONGO, R. M., DE MELO, W. J. AND CROWLEY, D.** (2006): Bacterial diversity of terra preta and pristine forest soil from the Western Amazon, Soil Biology & Biochemistry 39, S. 684-690.
- LEE, A. C. K., MAHESWARAN, R.** (2010): The health benefits of urban green spaces: a review of the evidence. Journal of Public Health.33, 2, 212–222.
- VON DER LIPPE, M.**, Vorlesung an der Technischen Universität Berlin vom 20.11.2013 zum Thema "Untersuchungsdesign".
- NIST UND SEMATECH E-HANDBOOK OF STATITICALMETHODS:** <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>, Aufgerufen am 28. September 2014.
- OLLENDORF, K.** (2012): Terra Preta – Engstehungsprozess und ein mögliches Herstellungsverfahren. Erkenntnisse einer Exkursion mit Dr. Jürgen Reckin, Im Internet unter [http://wendepunktukunft.org/wp-content/uploads/2012/07/TerraPreta\\_Exkursion\\_DrReckin-3.pdf](http://wendepunktukunft.org/wp-content/uploads/2012/07/TerraPreta_Exkursion_DrReckin-3.pdf). Aufgerufen am 2. September 2014.
- VAN DEN BERG, A. E., MAAS, J., VERHEIJ, R. A., GROENEWEGEN, P. P.** (2010): Green spaces as a buffer between stressful life events and health. Social Science & Medicine. 70, 1203–1210.