

Berichte aus der Geowissenschaft

**Konstantin Terytze,
Robert Wagner (Hrsg.)**

**Handlungsanleitung –
Verwertung von organischen Reststoffen
zur Erzeugung fruchtbarer Pflanzenkohlesubstrate
und deren Nutzung im Gartenbau**

Shaker Verlag
Aachen 2016

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Copyright Shaker Verlag 2016

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-4859-9

ISSN 0945-0777

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de



Handlungsanleitung Verwertung von organischen Reststoffen zur Erzeugung fruchtbarer Pflanzenkohle- substrate und deren Nutzung im Gartenbau

K. Terytze & R. Wagner (Hrsg.)



Handlungsanleitung

Verwertung von organischen Reststoffen zur Erzeugung fruchtbarer Pflanzenkohlesubstrate und deren Nutzung im Gartenbau

Prof. Dr. mult. Dr. h. c. Konstantin Tertyze¹ und Dr. Robert Wagner¹

Unter Mitarbeit von: Dipl.-Geogr. René Schatten¹, Dr. Ines Vogel¹, Dipl.-
Geogr. Kathrin Rößler¹, Dipl.-Biol. Nadine König² und Dipl.-Ing. Peter
Thomas³

¹ Freie Universität Berlin, Fachbereich Geowissenschaften, AG
Geoökologie, Malteserstr. 74-100, Haus G, 12249 Berlin

² Freie Universität Berlin, ZE Botanischer Garten und
Botanisches Museum Berlin-Dahlem (BGBM), Königin-Luise-Str. 6-
8, 14195 Berlin

³ HATI GmbH, Wrangelstr. 50, 10997 Berlin

Konzept, Redaktionelle Bearbeitung und Gestaltung: Dr. Robert Wagner



Gefördert im Rahmen des Forschungsprojektes TerraBoGa

*„Schließung von Kreisläufen durch Energie- und
Stoffstrommanagement bei Nutzung der Terra-Preta-
Technologie im Botanischen Garten im Hinblick auf
Ressourceneffizienz und Klimaschutz – Modellprojekt Urban
farming“*

Umweltentlastungsprogramm Berlin (UEP II) Förderschwerpunkt 2 – umweltorientierte Forschung und Entwicklung

Projektnummer: **11260UEPII/2**
EFRE Förderperiode: **2007-2014**

Für die Finanzierung des Forschungsvorhabens TerraBoGa danken wir der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt des Landes Berlin und der Europäischen Union. TerraBoGa wurde im Rahmen des Umweltentlastungsprogramms II (UEP II) aus Mitteln des Landes Berlin und des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) unter dem Förderkennzeichen 11260 UEP II/2 gefördert. Ein besonderer Dank gilt dabei Dipl.-Ing. Petra Jendralski für die Unterstützung des Projektes und die stets gute Zusammenarbeit von Seiten der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. Ebenso bedanken wir uns bei Dipl.-Biol./Dipl.-Ing. Sabine Dornbusch, Dipl.-Betriebsw. (FH) Iliane Eisenhuth und Dipl.-Ing. Dieter Hainbach von der Projektträgerschaft B.&S.U. Beratungs- und Service-



Gesellschaft Umwelt mbH für die Betreuung des Forschungsprojektes und die ebenfalls stets gute Zusammenarbeit.

Danksagung Projektbeteiligte

Wir bedanken uns bei Sabrina Pilz, Michael Kroll, Dipl.-Ing. Karsten Schomaker, Dipl. Gartenbauing. Thorsten Laute und Prof. Dr. Albert-Dieter Stevens sowie allen weiteren Beschäftigten des Botanischen Gartens Berlin-Dahlem für die unermüdliche Unterstützung, Hilfs- und Diskussionsbereitschaft im Projekt TerraBoGa.

Ein großer Dank geht auch an Dipl.-Ing. Alfons-E. Krieger und Dipl. Ing. Ulrich Suer für die Mitarbeit und die große und stets vorhandene Hilfs- und Diskussionsbereitschaft.

Ebenfalls bedanken wir uns bei Stefan Albrecht, Norbert Anselm, Elisabeth Köglmeier und Bojtscho Rangelov für die Mitarbeit als studentische Hilfskraft und bei Sarah Tietjen, Yvonne Beutlich, Natalie Dust, Mathias Heinrich, Isabelle Boehme, Maria Schmidt, Max Kanig, Lasse Stolz und Constantin Adamczak für die Mitarbeit im Rahmen von Abschlussarbeiten im Projekt TerraBoga.

Ein spezieller Dank geht an Dipl.-Ing. Oliver Larsen und Dorothea Hornheber von der Technischen Universität Berlin für die Emissionsmessungen an den Kompostmieten.

Danksagung Projektbeirat

Besonders möchten wir uns bei Dr. Haiko Pieplow, Prof. Dr. Monika Krüger, Dipl.-Ing. Peter Schrage-Aden, Dipl.-Ing. Petra Jendralski, Prof. Dr. Thorsten Schütze und Prof. Dipl.-Ing. Frank Baur für das Einbringen Ihrer Expertise und die Begleitung des Forschungsprojektes TerraBoGa als Mitglied des Projektbeirates bedanken.



Vorwort

Die Böden sind einer der bedeutendsten Kohlenstoffspeicher der Erde, die durch den Klimawandel und eine nicht nachhaltige Bewirtschaftung zunehmend beeinträchtigt werden.

Aufbauend auf den Erkenntnissen der Erforschung der Terra Preta do Indio im Amazonasgebiet sollten innovative Verfahren zur Anreicherung und langfristigen Speicherung von Kohlenstoff in Böden, für eine nachhaltige Landwirtschaft und einen nachhaltigen Gartenbau, entwickelt werden.

Die Verwertung von organischen Rest- und Abfallstoffen leistet einen wichtigen Beitrag zum Klima- und Umweltschutz und der Schonung fossiler Ressourcen wie Torf. Aufgrund des ökologischen und ökonomischen Potentials besitzen organische Abfälle eine große Bedeutung in einer nachhaltigen Gestaltung regionaler Stoffkreisläufe. Pyrogener Kohlenstoff wurde als eine wichtige Komponente der Terra Preta do Indio beschrieben. Die positiven Eigenschaften dieser anthropogenen Schwarzerde führten zu einem wachsenden Interesse an der Verwendung von Holzkohle (Pflanzenkohle) zur Verbesserung von landwirtschaftlichen Böden, Komposten und weiteren Materialien sowie verschiedenen Prozessen.

Pflanzenkohle zeichnet sich durch eine vielfältige Nutzung in einem integrierten, dezentralen und nachhaltigen Ansatz aus. Dieses Prinzip verfolgte das Forschungsprojekt TerraBoGa im Botanischen Garten Berlin-Dahlem zur Schließung des internen Stoffkreislaufs im Hinblick auf Ressourceneffizienz, Klima- und Umweltschutz. Mittels einer eigenen Pflanzenkohleherstellung und einer verbesserten Kompostierung werden nicht nur anfallende Rest- und Abfallstoffe zu qualitativ hochwertiger Pflanzenkohle und Pflanzenkohlesubstraten



verwertet, sondern Kosten bei Entsorgung und Einkauf eingespart sowie Treibhausgasemissionen minimiert.

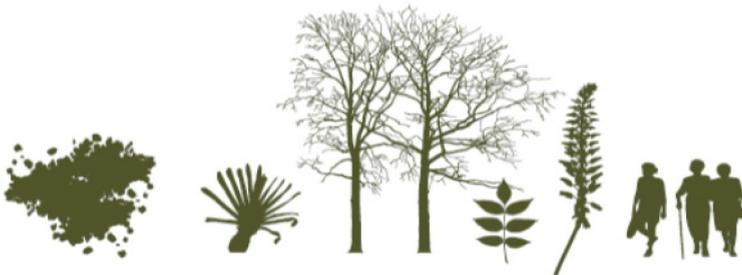
Die Erfahrungen aus den Untersuchungen im TerraBoga-Projekt wurden in dieser Handlungsanleitung zusammengefasst und verallgemeinert, mit dem Ziel, das Thema sowohl betrieblichen Einrichtungen wie z.B. Botanischen Gärten oder größere Gärtnereien als auch interessierten Personen wie Kleingärtnern näher zu bringen.

Wir hoffen, dass Ihnen diese Zusammenstellung bei der Wertschöpfung eigener organischer Ressourcen unterstützen kann.

Mit nachhaltigen Grüßen

Konstantin Terytze und das TerraBoGaTeam

Berlin, Juli 2016





Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	11
Abbildungsverzeichnis	12
Abkürzungsverzeichnis	14
1 Einleitung	15
1.1 Terra Preta do indio und Holzkohle	16
1.2 Terra Preta Technologie im Botanischen Garten Berlin	22
1.3 Kreislaufschließung	28
1.3.1 Pflanzliche Reststoffe	29
1.3.2 Menschliche Ausscheidungen	31
1.4 Wirtschaftlichkeit der TPT Technologie	34
2 Von pflanzlichen Reststoffen zu hochwertigen Pflanzenkohlesubstraten	37
2.1 Herstellung von Pflanzenkohle	38
2.2 Kompostierung mit Pflanzenkohle	41
2.2.1 Grundlagen der Kompostierung	41
2.2.2 Pflanzenkohle in der Kompostierung	45
2.2.3 Pflege der Kompostmiete	50
2.2.4 Herstellung von Torfersatzsubstrat	53
2.2.5 Gartenkompostierung	55
2.3 Milchsäure-Fermentation	60
3 Verwertung von Fäkalien und Urin	63
3.1 Nachhaltige Sanitärsysteme	63
3.1.1 Wassersparende Sanitärinstallationen	64



3.1.2	Trennung und Sammlung von Fäkalien und Urin	66
3.2	Trocken/Humustoiletten	71
3.3	Aufbereitung von Fäkalien und Urin mittels Pflanzenkohle	72
3.3.1	Düngung mit Urin	72
3.3.2	Nährstoffaufladung von Pflanzenkohle	74
3.3.3	Verwertung von Fäzes und Erzeugung von Terra Preta ähnlichen Pflanzenkohlesubstraten	75
4	Anwendung von Pflanzenkohle und Pflanzenkohlesubstraten als Zuschlagstoff für Pflanzsubstrate	78
4.1	Ergebnisse des Einsatzes von Pflanzenkohle bei Zierpflanzen	78
4.2	Anwendungsempfehlungen für das Freiland	81
4.3	Anwendungsempfehlungen für Topf- pflanzen	82
5	Rechtliche Belange, Güte- und Qualitätssicherung	84
5.1	Rechtliche Belange zur Ausbringung von Pflanzenkohle und Komposten mit/ohne Pflanzenkohle	84
5.2	Pflanzenkohleherstellung	86
5.3	Güte- und Qualitätssicherung von Komposten mit/ohne Pflanzenkohle	90
5.4	Verwertung von Urin und Fäkalien	92
6	Literaturverzeichnis	94
Anhang A – C		103 - 107



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Vergleich der Schwermetallanforderungen des Europäischen Pflanzenkohlezertifikats mit den derzeit geltenden Vorgaben der DüMV, BioAbfV und BBodSchV	87
Tabelle 2:	Vergleich der Anforderungen an organische Schadstoffe zwischen Europäischem Pflanzenkohlezertifikats und den derzeit geltenden Vorgaben der DüMV, BioAbfV und BBodSchV	88
Tabelle 3:	Anforderungen der BGK an die Qualität von Substratkomposten	91



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Angestrebter Stoffkreislauf im Botanischen Garten Berlin-Dahlem	15
Abbildung 2: Eigenschaften und Potenziale der Terra Preta do Indio	17
Abbildung 3: Pflanzenkohle, Nahaufnahme Rasterelektronen- mikroskop	19
Abbildung 4: Grüngutkompost mit 15 Vol.-% Pflanzenkohle	20
Abbildung 5: Einsatz der TPT auf lokaler Ebene und mögliche Entlastungspotenziale am Beispiel des Botanischen Gartens Berlin Dahlem	22
Abbildung 6: Schematische Darstellung des Kohlenstoff- und Nährstoffhaushalts	26
Abbildung 7: Stoff-, Energie und Finanzströme ohne und mit nachhaltigen Stoffstrommanagement	28
Abbildung 8: Sammelstelle pflanzliche Reststoffe im BG	29
Abbildung 9: Eine Trockentoilette im Versuchsgarten des TerraBoGa-Projektes	31
Abbildung 10: Inhaltsstoffe (Stickstoff und Phosphor) in den verschiedenen Fraktionen des häuslichen Ab- wassers	33
Abbildung 11: Öffentliches Interesse an der TPT und an Pflanzen- kohle und Pflanzenkohlesubstrat zum Stauden- markt im Botanischen Garten Berlin-Dahlem	34
Abbildung 12: Ausschnitt aus www.european-biochar.org	35
Abbildung 13: Verwertungswege von Pflanzenreststoffen zu Pflanzenkohle und Pflanzenkohlekompost	37
Abbildung 14: Schematischer Ablauf der Karbonisierung von Holzhackschnitzel zu Pflanzenkohle im BG	39
Abbildung 15: Verfahren zur Kohleherstellung	40
Abbildung 16: Grünschnitthäcksler der Firma Husmann im BG	42



Abbildung 17: Selbstfahrender Kompostwender (GD, 250H) der Fa. Gujer Innotec beim Wenden einer Kompostmiete im BG	44
Abbildung 18: Abbaurate des organischen Kohlenstoffes in Kompostversuchen	47
Abbildung 19: Befeuchten der trockenen und staubigen Pflanzenkohle	48
Abbildung 20: Aufsetzen einer Kompostmiete mit Pflanzenkohle	49
Abbildung 21: Mietenquerschnitt mit Kennzeichnung der Messbereiche von CO ₂ und der Temperatur	51
Abbildung 22: Temperaturverlauf einer gesteuerten Kompostierung	52
Abbildung 23: Wachstumsergebnisse von <i>Rhododendron simsii</i> in angesäuerten Pflanzenkohlesubstrat	54
Abbildung 24: Vom Grünschnitt zum Kompost	56
Abbildung 25: <i>Eisenia fetida</i> mit Kokon und im fertigen Wurmkompost	59
Abbildung 26: Fermentierter Rasenschnitt im TerraBoGa-Projekt	60
Abbildung 27: GreenGain-WCs von Villeroy & Boch und Strömungsbilder bei Klosett-Anschlussleitungen	64
Abbildung 28: Wasserloses Urinal mit Membran Geruchsverschluss.	65
Abbildung 29: Lageplan und Fäkalienseparator im BG	67
Abbildung 30: Schema der Urinsammlung	70
Abbildung 31: Trockentoilette	72
Abbildung 32: Einfluss von Pflanzenkohle auf den Salzgehalt in Pflanzsubstraten nach Urindüngung	73
Abbildung 33: Pflanzenkohleaufladung mit Urin	74
Abbildung 34: Pflanzversuche mit Papaya und Banane	76



Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BG	Botanischer Garten Berlin
BGK e.V.	Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V.
PK	Pflanzenkohle
PKS	Pflanzenkohlesubstrat
CO _{2eq}	Kohlenstoffäquivalente
Corg	organischer Kohlenstoff
EBC	European Biochar Certificate
FS	Frischsubstanz
GS	Grünschnitt
OS	Organische Substanz
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychlorierte Biphenyle
Tab.	Tabelle
THG	Treibhausgase
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanz
UEPII	Umweltentlastungsprogramm II des Landes Berlin