

## **Anwendung des Terra-Preta-Verfahrens in der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion – was ist dran? (redaktionell bearbeitete Fassung)**

Rainer Kluge, Jürgen Reinhold und Gerhard Breitschuh

27. September 2013

### **Veranlassung**

Terra Preta, die legendäre Schwarzerde der Indios aus Amazonien, beschäftigt in jüngster Zeit engagierte Laien, Medien und auch Wissenschaftler. Die Möglichkeiten der Terra Preta werden intensiv, vor allem aber kontrovers diskutiert. Die Befürworter behaupten, dass die Bodenfruchtbarkeit mit dem Terra Preta (TP)-Verfahren dauerhaft erhalten werden könne. Experimentelle Belege dafür liegen jedoch noch nicht vor. Düngungs- und Bodenspezialisten aus den Agrarwissenschaften bezweifeln allerdings, dass das TP-Verfahren für die hiesige Landwirtschaft eine relevante Bedeutung erlangen wird.

Eine Bestandsaufnahme aller verfügbaren Fakten und Erfahrungen soll dazu beitragen, sich mit folgenden Auffassungen der Protagonisten auseinanderzusetzen:

- Das TP-Verfahren gewährleistet „... die möglichst hohe Kohlenstoff (C)-Bindung im Boden (C-Sequestrierung) als maßgeblichen Beitrag zum Klimaschutz.“ (GLASER 2012)
- Das TP-Verfahren sichert „... dauerhaft Höchstserträge bei optimaler Nährstoffversorgung ohne zusätzliche Mineraldüngung auf der Grundlage sehr hoher Humusgehalte (deutlich oberhalb anzustrebender Humusgehalte der konventionellen Pflanzenproduktion).“ (RECKIN 2012, HECKEL und PIEPLOW 2010, DUNST 2012).

### **1 Was ist Terra Preta, historische Entstehung?**

Als Terra Preta wird ein kohlenstoff(C)-reiches, schwarzes Substrat bezeichnet, das in den tropischen Regenwäldern von Amazonien wiederentdeckt worden ist. Entstanden sind solche Substrate dadurch, dass die Vorfahren der heutigen Regenwaldbewohner Küchenabfälle, Aschereste mit Pflanzenkohleanteilen, Fäkalien und Pflanzenreste kompostierten und über lange Zeiträume zu dauerhaft fruchtbaren Böden aufbauten. Deren hohe Humusgehalte sollen – im Unterschied zur ansonsten schnellen Humus-Mineralisierung unter tropischen Bedingungen – stabil bleiben. Dieses Phänomen wird von GLASER (2007 und 2012) und anderen Wissenschaftlern als Modell für eine nachhaltige Landwirtschaft des 21. Jahrhunderts propagiert.

### **2 Wie wird Terra Preta heute hergestellt?**

Nach bisher vorliegenden Erfahrungen (z.B. RECKIN 2012, DUNST 2012) wird aus geeigneten organischen Abfällen (Pflanzenreste, Wirtschaftsdünger, Gärreste, Küchenabfälle u.a.) unter Zusatz von Tonmehl und Pyrolyse-Holzkohle, nachfolgend Pflanzenkohle genannt (Zusatz von 10 – 20 %), durch mikrobiologische Umwandlung (Kompostierung, Fermentierung) ein kohlenstoff- und nährstoffreiches Terra-Preta(TP)-Substrat hergestellt.

### **3 Welche Wirkungen werden der Terra Preta von ihren Befürwortern zugeschrieben?**

Durch den Pflanzenkohleanteil im TP-Substrat, der (offenbar) nicht bzw. nur sehr langsam abgebaut wird, soll mit einer dauerhaften C-Konservierung im Boden (C-Sequestrierung) ein

wesentlicher Beitrag zum Klimaschutz erreicht werden. Gleichzeitig soll kein Humusverlust mehr stattfinden. Durch den Pflanzenkohleanteil würden dauerhaft hohe Humusgehalte als Voraussetzung für eine hohe Bodenfruchtbarkeit geschaffen, mit der sowohl eine optimale Nährstoffversorgung der Pflanzen als auch eine nachhaltige Bodenverbesserung gewährleistet werden sollen.

Die hohen Nährstoffanteile des TP-Substrates sollen einerseits an der Pflanzenkohle fest gebunden und damit zuverlässig vor Auswaschung geschützt sein. Andererseits würden diese den Pflanzen bei Bedarf zur Aufnahme voll zur Verfügung stehen – das sog. „Tischlein-Deck-Dich-Prinzip“, nach RECKIN (2012) ein spezielles Phänomen der Terra-Preta-Philosophie. Eine Ergänzungsdüngung sei dann nicht mehr erforderlich, schon gar nicht eine mineralische. Gleichzeitig sollen durch das TP-Substrat alle Aspekte der Bodenverbesserung, wie optimale Krümelstruktur, gutes Porenvolumen, hohe Wasserhaltekapazität und ein aktives Bodenleben, optimiert werden. Damit werde zudem die Phytohygiene gewährleistet, so dass auf chemische Pflanzenschutzmittel verzichtet werden könne. RECKIN (2012) sieht als zentrales Steuerungselement dieser komplexen Wirkungen die Fähigkeit der Pflanzenkohle, als Biokatalysator den Humusaufbau aktiv zu steuern, quasi ein eingebauter „genetischer Code“, der weiß, wie man zu dauerhaft hoher Bodenfruchtbarkeit gelangt.

#### **4 Wie wurden die möglichen Wirkungen der Terra Preta bisher propagiert?**

Die Befürworter bezeichnen Terra Preta auf Grund dieser phantastischen prognostizierten Eigenschaften schon mal als „Wundererde“. Sie sagen dem TP-Verfahren eine herausragende Bedeutung für die nachhaltige Landwirtschaft voraus (RECKIN 2012, WITT 2013, HECKEL und PIEPLOW 2010, DUNST 2012). Damit würden künftig alle (vermeintlichen) Nachteile der Bodenbewirtschaftung in der konventionellen Landwirtschaft behoben und mit der C-Sequestrierung zusätzlich ein wesentlicher Beitrag für den Klimaschutz geleistet. Die TP-Protagonisten plädieren deshalb schon seit längerem mit außergewöhnlichen medialen Aktivitäten (z.B. Fernseh-Dokumentationen, wie ZDF (2011), NDR (2013), BR (2013)) für eine umfassende Einführung des TP-Verfahrens in die praktische Landwirtschaft der Bundesrepublik, weil nach ihrer Meinung nur auf diese Weise künftig dauerhaft hohe Humusgehalte und damit eine nachhaltig optimale Bodenfruchtbarkeit der Ackerböden gewährleistet werden können.

#### **5 Erfordert die Humusversorgung landwirtschaftlich genutzter Böden die Anwendung des TP-Verfahrens?**

Berichte in Tele- und Pressemedien verstärken in letzter Zeit den Eindruck, dass die Humusversorgung und damit die Bodenfruchtbarkeit deutscher Ackerböden ständig abnehmen würde. Das wird allgemein auf die konventionelle intensive Pflanzenproduktion, speziell auf den Einsatz mineralischer Dünger sowie auf Bodenbelastungen durch den Maschineneinsatz, zurückgeführt. Eine aktuelle agrarwissenschaftliche Übersichtsuntersuchung (KÖRSCHENS, BREITSCHUH und ECKERT 2013, in AgrarFakten „Humus“) zeigt dagegen, dass – bei aller Differenzierung einzelbetrieblicher und regionaler Unterschiede –

- es keine belastbaren Ergebnisse für eine allgemein besorgniserregende Abnahme der Humusgehalte deutscher Ackerböden, gar eine „systematische Zerstörung des Bodenumus“, gibt und
- die konventionelle Landwirtschaft über langfristig erprobte Verfahren, wie geeignete Fruchtfolgerotationen, den Einsatz von Wirtschaftsdüngern, Stroh und Kompost sowie den Zwischenfruchtanbau verfügt, mit denen die optimale Humusversorgung der Ackerböden nachweislich gesichert werden kann.

## **6 Wie unterscheidet sich die Humusversorgung von Ackerböden in der heutigen Landwirtschaft vom TP-Verfahren?**

Ziel der **heutigen Landwirtschaft** ist es, „... ein aktives und stabiles Bodenleben als Grundlage für eine hohe Bodenfruchtbarkeit ...“ (ENGELS, REINHOLD, EBERTSEDER und HEYN 2010, KÖRSCHENS 2013) und damit einen standort- und bewirtschaftungstypisch optimalen Humusgehalt zu gewährleisten, der durch langjährig ausgeglichene bzw. optimale Humus-salden erreicht wird. Die Humusversorgung sollte ein standort- und fruchtartenabhängiges optimales Maß nicht übersteigen. Damit wird einerseits eine vom Mineralisierungsgeschehen abhängige Nährstoffzuführung gewährleistet und andererseits eine bodenverbessernde Wirkung (physikalisch und biologisch) erzielt (KÖRSCHENS, BREITSCHUH und ECKERT 2013).

Das **TP-Verfahren** setzt dagegen andere Schwerpunkte für den Humusaufbau der Ackerböden als die konventionelle Landwirtschaft. Hauptziele sind „... die **möglichst hohe C-Bindung** im Boden (C-Sequestrierung) als maßgeblicher Beitrag zum Klimaschutz“ und gleichzeitig „... dauerhaft **Höchsterträge bei optimaler Nährstoffversorgung** ohne zusätzliche Mineraldüngung **auf der Grundlage sehr hoher Humusgehalte**, deutlich oberhalb anzustrebender Humusgehalte der konventionellen Pflanzenproduktion.“ (GLASER 2012, DUNST 2012).

## **7 Wird das TP-Verfahren in Mitteleuropa schon praktisch angewandt und welche Erfahrungen liegen vor?**

Erste Erfahrungen dazu sind bisher nur aus der Ökoregion Kaindorf, Steiermark (Österreich), bekannt geworden. Nach DUNST (2012) werden dort sehr hohe Gaben an mit Pflanzenkohle angereicherter Terra Preta von jährlich ca. 100 t/ha Frischmasse eingesetzt. Damit werden die in Deutschland gesetzlich möglichen Höchstgaben (30 t/ha Trockenmasse alle drei Jahre) deutlich überschritten. Angaben zu den Nähr- und Wertstoffgehalten der eingesetzten TP-Substrate sind bisher nicht bekannt geworden. Damit ist eine Bewertung, vor allem der eingebrachten Nährstoffmengen, nicht möglich. Zu vermuten ist allerdings, dass sie sich angesichts der hohen TP-Gaben deutlich oberhalb zulässiger Nährstoffgaben gemäß Düngeverordnung bewegen.

## **8 Wie ist der Stand der agrarwissenschaftlichen Bearbeitung des TP-Verfahrens?**

Bisher liegen kaum wissenschaftlich belastbare Ergebnisse vor, die die – nach Meinung der TP-Befürworter herausragenden – Vorteilswirkungen des TP-Verfahrens für die Landwirtschaft belegen. Agrarwissenschaftliche Forschungsgruppen mit versuchstechnischem Equipment und Sachverstand bearbeiten nur ganz vereinzelt entsprechende Forschungsprojekte (z.B. LTZ Augustenberg 2013). Einige wenige Wissenschaftler aus angrenzenden Fachbereichen, wie z.B. der Biogeochemiker Prof. Glaser, Universität Halle (GLASER 2012), haben mit ersten Feldversuchen begonnen, die offenen Fragen einer möglichen landwirtschaftlichen Anwendung der Terra Preta zu untersuchen. Außer zwei Fernsehbeiträgen, welche die visionäre Bedeutung des TP-Verfahrens herausstellen (NDR 2013, BR 2013), liegen jedoch noch keine Ergebnisse vor, die wenigstens ansatzweise zu einer fachlichen Beurteilung des TP-Verfahrens beitragen könnten.

## **9 Wie steht es um die prognostizierten Vorteilswirkungen des TP-Verfahrens?**

Ein Faktencheck (vgl. Tabelle 1) zeigt, dass die meisten Voraussagen und Prognosen zur Terra-Preta-Wirkung auf Vorstellungen, Annahmen und Modellbetrachtungen beruhen.

Tabelle 1: Faktencheck

Behauptet wird	Fakt ist
dauerhafte C-Bindung im Boden, langfristig <b>kein Humusabbau</b>	trifft für reine Pflanzenkohle sicher zu, nicht jedoch für die anderen organischen Materialien in der Terra Preta
unabhängig von der Bodenart sind <b>wesentlich höhere Humusgehalte</b> erforderlich (min. 6 – 7 %, besser 10 – 15 %) als bei konventioneller Landwirtschaft	widerspricht allen Ergebnissen aus Langzeitversuchen, nach denen bei Überschreitung anzustrebender Humusgehalte Umweltgefahren (Nitrat auswaschung, Freisetzung klimaschädlicher Gase) zu befürchten sind
feste Nährstoffbindung an der Pflanzenkohlenoberfläche <b>verhindert Nährstoffauswaschung</b>	zweifelhaft, abhängig von physiko-chemischen Bindungsgleichgewichten im Boden
gleichzeitig <b>Nährstoffbereitstellung nach Pflanzenbedarf</b>	bisher reine Hypothese, fachliche Beweise fehlen, nach den Gesetzmäßigkeiten des Ionenaustausches eher unwahrscheinlich
Nährstoffe dauerhaft ausreichend, <b>keine mineralische Ergänzungsdüngung</b> mehr erforderlich → „Tischlein-Deck-Dich-Prinzip“	nur anfangs denkbar, solange TP-Substrat hoch mit Nährstoffen angereichert ist; Entzüge der Ernteprodukte müssen aber mittelfristig je nach Nährstoffstatus des Bodens ersetzt werden
Pflanzen ernähren sich <b>direkt von lebenden Mikroorganismen</b> → „Vollwerternährung“ ohne Nährstoffionen“	spekulative Hypothese; Hauptquelle für Nährstoffe ist Wurzel Aufnahme von gelösten oder sorbierten Nährstoffionen aus dem Boden
<b>verbesserte Bodenbiologie:</b> Phytohygiene durch hohe biologische Aktivität des Bodens gewährleistet, <b>keine Fungizide und Insektizide mehr erforderlich</b>	Eingeschränkt schon aus Kompost-Anwendung bekannt, keine oder nur geringe Wirkungen gegen tierische Schädlinge zu erwarten
<b>verbesserte Bodenphysik:</b> höhere Wasserkapazität, bessere Krümelstabilität, höheres Porenvolumen, geringere Erosion	schon aus Kompost-Anwendung bekannt, kein Alleinstellungsmerkmal der Terra Preta
<b>Ertragssteigerung:</b> a) Erfahrungen: „erstaunlich hohe Ertragswirkungen“, b) Studie: Mehrerträge im Mittel von 10 % (JEFFERY et al. 2012)	Ertragswirkung ähnlich wie bei herkömmlichen Maßnahmen zur Optimierung der Bodenfruchtbarkeit (z.B. Kompostanwendung)

Die Annahmen und Prognosen sind in einzelnen Punkten zwar nachvollziehbar, reichen aber auf Grund fehlender Belege keinesfalls für eine Übernahme des TP-Verfahrens in die professionelle Pflanzenproduktion aus. Dazu werden belastbare Ergebnisse aus Grundlagenuntersuchungen und Langzeit-Feldversuchen benötigt, die nach bewährten Methoden der Agrarforschung zu erarbeiten sind.

Klärungsbedarf besteht vor allem zur Wirkung der TP-Substrate auf sämtliche Parameter der Bodenfruchtbarkeit (Humusversorgung, Bodenphysik, –chemie und –biologie, pH-Wert, lösliche Nährstoffgehalte), umweltrelevante Bodenparameter (Nährstoffauswaschung, Schadstoffgehalte) sowie auf Ertrag und Qualität der Ernteprodukte. Insbesondere Behauptungen, wie die dauerhafte Nährstoffbindung an der Pflanzenkohle, wodurch eine Nährstoffauswaschung verhindert und gleichzeitig die bedarfsgerechte Pflanzenversorgung gesichert werden soll, bedürfen einer fachlichen Bestätigung. Dies gilt auch für den fehlenden Humusabbau sowie für den Verzicht auf Minereraldüngung und chemischen Pflanzenschutz (Fungizide, Insektizide).

Insgesamt muss für das TP-Verfahren – in Übereinstimmung mit einer BUND-Studie (BUND 2013) – erst noch belegt werden, dass es die Bodenfruchtbarkeit unter unseren klimatischen Bedingungen signifikant besser und nachhaltiger fördern kann als herkömmliche Verfahren der konventionellen Pflanzenproduktion.

## 10 Welche Kosten verursacht die Erzeugung und Anwendung von Terra Preta?

Bei Anwendung des TP-Verfahrens in der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion entstehen Kosten für

- die Bereitstellung der organischen Ausgangsstoffe, der Pflanzenkohle sowie der Zusatzstoffe (z.B. Tonmehl),
- die Herstellung der TP-Substrate durch mikrobiologische Umwandlung (Kompostierung bzw. Fermentierung) und
- die Lagerung sowie den Transport und die Ausbringung auf den Ackerflächen.

Entscheidend unter allen Kostenfaktoren sind die benötigten Mengen und Preise für die Pflanzenkohle, die sich in der Bundesrepublik aktuell zwischen 300 und 600 €/t bewegen.

Legt man die empfohlenen Gaben an TP-Substrat zugrunde (jährlich 100 t/ha lt. DUNST 2012, Ökoregion Kaindorf, bzw. eine Mindestauflage von 5 cm im Zeitraum von 3 Jahren), dann erreichen *allein die Kosten für die Pflanzenkohle* Größenordnungen zwischen **16.000,- und 23.000,- €/ha** (vgl. Tabelle 2). Unter diesen Bedingungen (Zukauf von Pflanzenkohle) ist es aus betriebswirtschaftlichen Gründen für Landwirte ausgeschlossen, das TP-Verfahren anzuwenden. Die exorbitanten Kosten können allein durch Erlössteigerungen aus den unterstellten Mehrerträgen nicht gedeckt werden. Daran ändert auch die Eigenherstellung von Pflanzenkohle im landwirtschaftlichen Betrieb, angesichts der damit verbundenen Investitionen (z.B. Kosten einer handelsüblichen PYREG-Anlage: ca. 300.000,- €), nur wenig.

Tabelle 2: Kostenrahmen des TP-Verfahrens für Pflanzenkohle

Position		Ökoregion Kaindorf	Auflage 500 m <sup>3</sup> /ha
TP-Gabe	t/ha*a	100	120
insg.	t/ha	300	360
Menge Kohle	t/ha*a	20 (Anteil 20 %)	12 (Anteil 10 %)
insg.	t/ha	60	36
Preis Kohle	€/t	390,-	450,-
Kosten Kohle	€/ha*a	7.800,-	5.400,-
insg.	€/ha	<b>23.400,-</b>	<b>16.200,-</b>

## 11 Wo soll die benötigte Pflanzenkohle in Deutschland herkommen?

Rein rechnerisch könnten mit der derzeit in Deutschland insgesamt verfügbaren Holzkohle von jährlich ca. 250.000 t (DESTATIS 2013) ca. 2.500.000 t TP-Substrat mit einem Kohleanteil von 10 % hergestellt werden. Diese Menge würde – sollte sie beschaffbar sein – reichen, um bei der empfohlenen Gabenhöhe von jährlich 100 t/ha ca. 25.000 ha, d.h. nur einen verschwindend geringen Anteil der Ackerfläche der Bundesrepublik (11,8 Mill. ha) von ca. **0,2 %** zu düngen. Zudem wäre diese Holzkohle, die für andere Zwecke (z.B. Industriebedarf, Grillkohle usw.) benötigt wird, viel zu teuer. Ihre Verwendung würde auch das erklärte Klimaschutzziel des TP-Verfahrens, die C-Sequestrierung, völlig verfehlen, weil die zu 98 % importierte Holzkohle durch lange Transportwege mit einem erheblichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß belastet ist. Außerdem wäre es nicht vertretbar, mit der Einfuhr von Pflanzenkohle z.B. aus Südamerika, die derzeit einen großen Anteil deutscher Importe ausmachen, die damit verbundene Vernichtung von Regenwäldern zu begünstigen.

Wohl auch deshalb wird von TP-Befürwortern die möglichst ortsnahe Eigenherstellung von Pflanzenkohle als Grundvoraussetzung für die Anwendung des TP-Verfahrens in der Landwirtschaft propagiert.

## **12 Stehen national und regional organische Ausgangsstoffe zur Verfügung?**

Als potenzielle Ausgangsstoffe kämen vorwiegend regional verfügbare pflanzliche (holzige) Abfälle aus der Landschaftspflege infrage. Stroh sowie Forstabfälle und landwirtschaftliche Verwurfprodukte stehen kaum zur Verfügung, weil sie bereits heute überwiegend energetisch verwertet bzw. direkt für die organische Düngung verwendet werden.

Vorausgesetzt, die dezentrale Produktion von Pflanzenkohle wäre überwiegend in Kleinanlagen (z.B. PYREG-Anlagen) der Landwirtschaftsbetriebe machbar und von den Kosten her tragbar, bleibt zu klären, welche Mengen an Pflanzenabfällen für die Produktion von Pflanzenkohle benötigt würden.

Wollte man ca. 10 % der Ackerfläche, also 1,2 Mill. ha, mit Regelgaben von jährlich 100 t/ha TP-Substrat mit einem Kohleanteil von 10 % versorgen, würden dazu jährlich ca. 12 Mill. (!) t Pflanzenkohle benötigt. Unterstellt man für Pflanzenabfälle aus der Landschaftspflege beim Pyrolyseverfahren eine Massenausbeute von ca. 20 % (QUICKER 2012), würden für die Herstellung der benötigten Pflanzenkohle insgesamt 60 Mill. (!) t pflanzliche Abfälle benötigt. Bundesweit fallen aber jährlich nur 3,1 Mill. t (DESTATIS 2013), also nur 5,2 % der benötigten Menge an. Aber auch diese Mengen stehen kaum für die Verkohlung zur Verfügung, da sie vorrangig für die Herstellung von Komposten und gärtnerischen Erden eingesetzt werden. Der Bedarf könnte also nicht einmal zu einem Bruchteil gedeckt werden.

## **13 Welche Chancen bestehen zusammenfassend für die Einführung des TP-Verfahrens in die Pflanzenproduktion?**

In der konventionellen Pflanzenproduktion auf großen Ackerflächen bestehen für die breite Anwendung des TP-Verfahrens in absehbarer Zukunft praktisch keine Chancen. Denn einerseits ist die Überlegenheit des TP-Verfahrens über die herkömmlichen und bewährten Verfahren der Humusanreicherung und –stabilisierung unter unseren klimatischen Bedingungen derzeit nicht belegt. Zum anderen wären die Kosten, vor allem für die Bereitstellung der Pflanzenkohle, zu hoch, um eine wirtschaftliche Anwendung des Verfahrens zu gewährleisten.

Besonders problematisch ist die Beschaffung der enorm großen Mengen von organischen Ausgangsstoffen (Pflanzenabfälle, Gärrückstände u.a.) für die Produktion der TP-Substrate. Schließlich werden diese Ausgangsstoffe bereits heute überwiegend als organische Dünger bzw. zur Herstellung von Komposten und gärtnerischen Erden eingesetzt. Es fehlen aber vor allem Ausgangsstoffe für die Herstellung von Pflanzenkohle. Denn es gibt in Deutschland nicht annähernd genügend pflanzliche Abfälle, um die Produktion der benötigten Mengen an Pflanzenkohle zu gewährleisten.

Vermutlich wird das TP-Verfahren deshalb noch für längere Zeit – sofern überhaupt – auf einzelne Betriebe bzw. Regionen, wie z.B. die Ökoregion Kaindorf (Steiermark) (DUNST 2012), beschränkt bleiben.

## Literatur

- BR (2013): BR-Dokumentation „Terra Preta – Forschung an der schwarzen Erde“, in: „Unser Land – Magazin für Landwirtschaft und Umwelt“, 19.04.2013, [www.br.de/fernsehen/bayerisches-fernsehen/sendungen/unser-land/themen-rubriken/landwirtschaft-und-forst/terra-pret-a-forschung-100.html](http://www.br.de/fernsehen/bayerisches-fernsehen/sendungen/unser-land/themen-rubriken/landwirtschaft-und-forst/terra-pret-a-forschung-100.html).
- BUND (2013): „Einschätzung Terra Preta/ Biokohle“, Hrsg. Arbeitskreis Bodenschutz/ Altlasten des Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND), 27.08.2013, [http://bodenschutz.bund.net/fileadmin/bundgruppen/bcmsbodenschutz/pdf/Biokohle\\_Terra\\_Preta\\_Einschaetzung\\_AK\\_Bodenschutz\\_final\\_27\\_08\\_2013.pdf](http://bodenschutz.bund.net/fileadmin/bundgruppen/bcmsbodenschutz/pdf/Biokohle_Terra_Preta_Einschaetzung_AK_Bodenschutz_final_27_08_2013.pdf).
- DESTATIS (2013): Statistisches Bundesamt, 65189 Wiesbaden.
- DUNST, J. (2012): „Die Anwendung von Pflanzenkohle in der Ökoregion Kaindorf (Österreich)“, 73. ANS-Symposium Berlin, 19./20.09.2012, Proceedings, S. 187 – 193.
- ENGELS, C., REINHOLD, J., EBERTSEDER, T., HEYN, J. (2010): Schlussbericht zum F&E-Vorhaben „Humusbilanzierung landwirtschaftlicher Böden – Einflussfaktoren und deren Auswirkungen“, Hrsg. VDLUFA, Obere Langgasse 40, 67346 Speyer.
- GLASER, B. (2007): „Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century“, Phil. Trans. R. Soc. B 362, S. 187–196.
- GLASER, B. (2012): „Das Terra Preta-Konzept. Chancen für nachhaltiges Management natürlicher Ressourcen“, Müll und Abfall, 3/ 2012, S. 148 – 149.
- HECKEL, M. und PIEFLOW, R. (2010): „Das Terra Preta Phänomen ...“, in: Alpenparlament.TV, 30.12.2010, <http://alpenparlament.tv/playlist/367-terra-pret-a>.
- JEFFERY, S., VERHEIJENA, F.G.A., van der VELDEA, M., BASTOSC, A.C. (2012): „A quantitative review of the effects of biochar application to soil on crop productivity using meta-analysis“, 73. ANS-Symposium Berlin, 19./20.09.2012, Proceedings, S. 111 – 115.
- KÖRSCHENS, M. (2013): „Reproduktion der organischen Bodensubstanz (OBS) – Bedeutung des organischen Kohlenstoffs für Boden, Nahrung, Energie und Klima“, Mitt. Agrarwissenschaften, Bd. 24, 2013, Hrsg. W. Merbach, J. Augustin, S. Ruppel, Verlag Dr. Köster, Berlin, S. 13 – 27.
- KÖRSCHENS, M., BREITSCHUH, G. und ECKERT, H. (2013): „Wieviel Humus braucht der Boden?“, in AgrarFakten „Humus“, Juni 2013, <http://www.agrarfakten.de/humus/>.
- LTZ Augustenberg, Karlsruhe (2013): „Klimaschützer buddeln verschollenen Stoff aus. LTZ erforscht Effekt von Biokohle auf Pflanzen.“, in: Badische Neueste Nachrichten“, 09.07.2013.
- NDR (2013): NDR-Dokumentation „Terra Preta’ – die Wundererde für das Wendland“, in: Die Reportage, 25.01.2013, <http://www.ndr.de/fernsehen/media/diereportage471.html>.
- QUICKER, P. (2012): „Thermochemische Verfahren zur Erzeugung von Biokohle“, 73. ANS-Symposium Berlin, 19./20.09.2012, Proceedings S. 21 – 33.
- RECKIN, J. (2012): „Terra Preta, die legendäre Schwarzerde der Indios von Amazonien“, in: NATÜRLICH GÄRTNERN & ANDERS LEBEN - Mai/Juni 2012, Organischer Landbau Verlag, 11 Seiten.
- WITT, G. (2013): „Die Zeit ist reif für Wundererden“, in: TASPO Nr. 1/ 2013, S. 22.
- ZDF (2011): ZDF-Dokumentation „Die Wiederentdeckung der Terra Preta“, 12.11.2011, <http://www.zdf.de/ZDFmediathek/hauptnavigation/startseite#/suche/terra%20pret-a>.