

# Untersuchung über den Einsatz von TCR-Pflanzenkohle in der Landwirtschaft – Auswirkung auf die Qualität der landwirtschaftlichen Erzeugnisse sowie die Möglichkeit einer langfristigen Bindung von Kohlenstoffdioxid in Böden

Jeannine Dallmann

Hochschule Anhalt, Strenzfelder Allee 28, 06406 Bernburg

## Abstract

Die Relevanz des Klimaschutzes ist unumstritten. Um das 1,5 °C Ziel zu erreichen, besteht akuter Handlungsbedarf, was im weitesten Sinne bedeutet Kohlenstoff nachhaltig der Atmosphäre zu entziehen. Ein Lösungsansatz ist das Pyrolysieren von Biomasse mit einem kohlenstoffreichen Karbonisat im Endprodukt. Darüber hinaus entstehen vielfältige Nutzungspotenziale für die produzierte Kohle, die sich aus der Stoff-Charakteristik ergeben. Ein Anwendungsfeld in der Landwirtschaft ist der Einsatz der Pflanzenkohle zur allgemeinen Bodenverbesserung, was in einem Feldversuch der Hochschule Anhalt untersucht wird. Das Fraunhofer UMSICHT stellte die Versuchskohle für diesen Versuch bereit, die aus dem besonderen Pyrolyse-Verfahren des Thermokatalytischen Reforming (TCR) stammt und gegenüber Kohlen aus verbreiteten Standardverfahren eine erhöhte Stabilität aufweist und zur langfristigen CO<sub>2</sub>-Sequestrierung beiträgt. Im Versuch wird die Kohle zunächst im definierten Verhältnis mit Gärresten aus der Biogasanlage angereichert, mit der Zielstellung die Nährstoffe aus dem organischen Dünger zu binden. Die beladene TCR-Pflanzenkohle wird dann in den Boden eingearbeitet und im Produktionsverfahren integriert. Die Beurteilung der Bodenverbesserung auf dem Schwarzerde-Standort umfasst analytische Bodenuntersuchungen in einem unabhängigen Labor. Im Ergebnis konnte bereits nach drei Monaten eine deutliche Steigerung im Humusgehalt, im Wasserspeichervermögen und im Nährstoffspeichervermögen herausgestellt werden, was sich bei der Etablierung der angebauten Kultur als vorteilhaft erwies und sich u. a. im verbesserten Feldaufgang manifestiert hat. Im Ausblick kann der landwirtschaftliche Akteur eine Schlüsselrolle einnehmen, um aktiv Klima- und Umweltschutz zu betreiben, sowie Nährstoffkreisläufe zu schließen bzw. die Güte der Nährstoffe zu erhalten.

Pflanzenkohle, Pyrolyse, Carbon Farming, CO<sub>2</sub>-Sequestrierung

## 1. Einleitung

Eine einseitige Landnutzung ist aus ökonomischen Gesichtspunkten eine gängige Praxis der letzten Jahrzehnte. Humuszehrende Fruchtfolgen sorgen allerdings für stagnierende Erntekurven. Eine Verschärfung der Situation ergibt sich aus dem veränderten Wetter. Vermehrt langanhaltende Trockenperioden in Kombination mit einer erhöhten Strahlungsintensität bringen die Pflanzen in eine Stresssituation; der Nährstofftransport

wird eingestellt und die Pflanze verhungert, so dass der bereitgestellte Stickstoffdünger zur Ertragsbildung nicht genutzt werden kann. Hinzu kommen Starkniederschlagsereignissen, die in ihrer Häufigkeit zunehmen und in der Folge zu einer potenziellen Erosion führen können. Mit dieser Ausgangssituation offenbart sich der Handlungsbedarf die Bodenfruchtbarkeit wiederherzustellen bzw. zu fördern. Die Terra preta oder Indianer-Schwarzerde ist schon lange für ihre hohe Fruchtbarkeit bekannt und basiert auf das Zusammenführen von Holzkohleresten in Verbindung mit organischem Material zur Nährstoffanreicherung und der Aktivität von Mikroorganismen. Charakteristisch ist der hohe Kohlenstoff-Anteil mit einer langfristigen Stabilität. Dies zum Vorbild lassen sich auch die hiesigen Böden aufwerten. Mit der Pyrolyse lässt sich kohlenstoffreiche Bio-kohle herstellen. Je nach Trockensubstanzgehalt der zu pyrolysierenden Biomasse ist das Verfahren zu wählen. Die hydrothermale Karbonisierung (HTC-Verfahren) ermöglicht die Pyrolyse von Ausgangsstoffen mit geringer Trockensubstanz, wie zum Beispiel dem flüssigen Gärrest. Allerdings erhält man hieraus weniger beständige Kohle. Unter dem Aspekt der CO<sub>2</sub>-Sequestrierung für die persistente Kohlenstoffbindung sind andere Verfahren Mittel der Wahl. Das Thermokatalytische Reforming (TCR) ist ein vom Fraunhofer UMSICHT entwickeltes zweistufiges Verfahren mit Temperaturen bis 700°C, was stabile Kohle hervorbringt und vorzugsweise zur Überdauerung im Boden befähigt ist. Bedingt durch die poröse Struktur der Pflanzenkohle, lassen sich in der Kohle Nährstoffe speichern, sowie Wasser binden, worin die positiven Effekte bei Eintragung in den Boden begründet liegen.

## 2. Material und Methoden

Auf dem Versuchsfeld der Hochschule Anhalt, einem Schwarzerde-Standort, wurde im Herbst 2021 der Feldversuch angelegt. Es handelt sich um eine Streifenanlage mit vierfacher Wiederholung, wobei die einzelne Parzelle eine Fläche von 24m<sup>2</sup> (8mx3m) umfasst. Als Fruchtfolgeglied ist für das erste Erntejahr 2022 die Sommerung Silomais im Anbau, gefolgt vom Winterweizen in Herbstsaat im Erntejahr 2023 inklusive der Abfuhr der Nebenprodukte (Stroh wird gepresst und abgefahren), um eine klassische humuszehrende Fruchtfolge abzubilden. Eine unbehandelte Nullvariante dient als Referenz gegenüber einer beladenen Pflanzenkohle-Variante, die darüber hinaus im Herbst vor der Hauptfrucht Silomais eine Zwischenfrucht (abfrierende Gelbsenfsaat) trägt. Zusätzlich ist eine Variante mit Gärrest in Kombination mit der Zwischenfrucht angelegt. Das Schema der Versuchsanlage ist nachfolgend abgebildet.

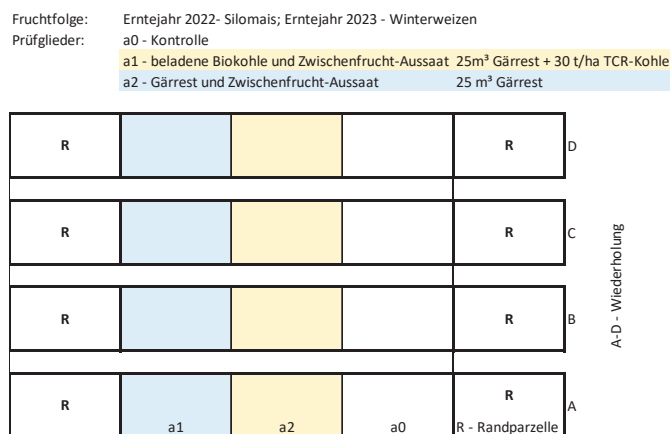


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Versuchsanlage in Streifenfeld

Bevor die TCR-Kohle in den Boden eingearbeitet wird, muss die sog. Beladung stattfinden. Das bedeutet die Kohle wird mit einem nährstoffreichen Medium, in der Versuchsanlage flüssiger Gärrest aus einer NAWARO-Biogasanlage, gemischt und über einen Zeitraum von 4 Wochen gelagert bevor dieses Gemisch in den Boden wurzelnah in einer Tiefe von 15-20 cm eingearbeitet wird. Zum selben Zeitpunkt sind auch die Gärreste ausgebracht und eingearbeitet worden. Abschließend ist die Aussaat der Zwischenfrucht erfolgt. Die Aussaat der Hauptfrucht ist zu den entsprechenden Saatterminen erfolgt.

Die Auswirkung der Bodenbehandlung wird mit Analysen des Bodens in einem unabhängigen und zertifizierten Agrarlabor geprüft. Um Änderungen zu erfassen, ist die

Ausgangssituation in allen Varianten erhoben worden. Die Analyse konzentriert sich auf folgende ausgewählte Parameter:

- Gehalt des organischen Kohlenstoffs als Referenz für die Entwicklung des Humusgehaltes
- Entwicklung der Nährstoffdynamik insbesondere bei Stickstoff
- Einfluss auf die nutzbare Feldkapazität beim Bodenwasser

Im Feld vor Ort werden fachgerechte und qualitative Beobachtungen (Bonituren) durchgeführt:

- Beurteilung des Feldaufgangs anhand der Pflanzen je Quadratmeter
- Entwicklung und Auffälligkeiten der Pflanzen in der Vegetationsperiode
- Bestandesdichte der Kultur zum Zeitpunkt der Ernte

Mit der Ernte der angebauten Kultur wird für jede Parzelle der Ertrag ermittelt und es erfolgt abschließend die Bestimmung der typischen Qualitätsparameter je nach Kultur.

Der Versuch wird über weitere Rotationen betrachtet und durch eine zusätzliche Anlage des gleichen Schemas ab Herbst 2022 erweitert, um eine belastbare Datengrundlage zu erhalten.

### **3. Resultate**

Die Pflanzenkohle besitzt eine Depotwirkung und kann mit Nährstoffen angereichert werden. Dieser Effekt der Vorbehandlung/Beladung konnte mit den eigenen Untersuchungen nachgewiesen werden. Bei einem ausgewogenen Mischungsverhältnis der Komponenten Pflanzenkohle und Gärrest (flüssig) lässt sich in Korrelation mit der Beladungszeit eine deutliche Adsorption der Ammonium-Fraktion messen und so das Stickstoffverlustpotenzial verringern, so dass mit dieser Veredlung ein Beitrag zum Umweltschutz geleistet wird. Denn die Umwandlungsprozesse der Nitrifikation von Ammonium zu Nitrat sind folglich auch reduziert und die Gefahr der Nitratauswaschung in das Grundwasser gehemmt.

In der ersten Versuchsanlage im Feld waren bereits nach drei Monaten die ersten Veränderungen messbar. Gegenüber der brachliegenden Kontrolle als Referenz (100%) zeichnete sich für die Pflanzenkohle eine Verbesserung im Humusgehalt um 7,4 % ab. Die reine Gärreste-Variante unterschied sich in diesem Merkmal nicht von der Referenz.

Hinsichtlich des Wasserspeichervermögens (nutzbare Feldkapazität, nFK) waren beide Behandlungen gegenüber der Kontrolle im Vorteil, wobei die Kohlevariante zum Zeitpunkt mit 1,6% überlegen war. Im Merkmal Nährstoffspeichervermögen ist eine ausgeprägte Veränderung deutlich, die in der Gärrestvariante mit knapp 5% und für die beladene Pflanzenkohle mit ca. 11% Vorteil skaliert. Als Bestätigung für die Änderung der Bodeneigenschaften spricht auch der Pflanzenbestand in der Kohlevariante. Das Aufgangsverhalten der Zwischenfrucht Gelbsenf war wesentlich homogener und allgemein mit 6 zusätzlichen Pflanzen je 0,25m<sup>2</sup> bevorteilt gegenüber der Gärrestvariante. Für die Hauptkultur Silomais ergab sich nach einer schwierigen Aussaat und einem heterogenen Bestand über alle Varianten am Ende ein Ertragsvorsprung der Kohlevariante um 7,8% verglichen mit der Gärrest-Behandlung von 4,9%.

In der zweiten Versuchsanlage konnte entsprechend der Bodenanalyse vier Monate nach Einarbeitung der beladenen TCR-Pflanzenkohle ein Effekt gemessen werden. Der Humusgehalt im Oberboden konnte um 1,1% erhöht werden. Auch die Änderung des Kohlenstoff-Stickstoff -(C/N-) Verhältnisses spiegelt dies wider, der sich in diesem Zeitraum um 3,1 steigerte und letztendlich bei 13 skalierte (siehe nachfolgende Abbildung).

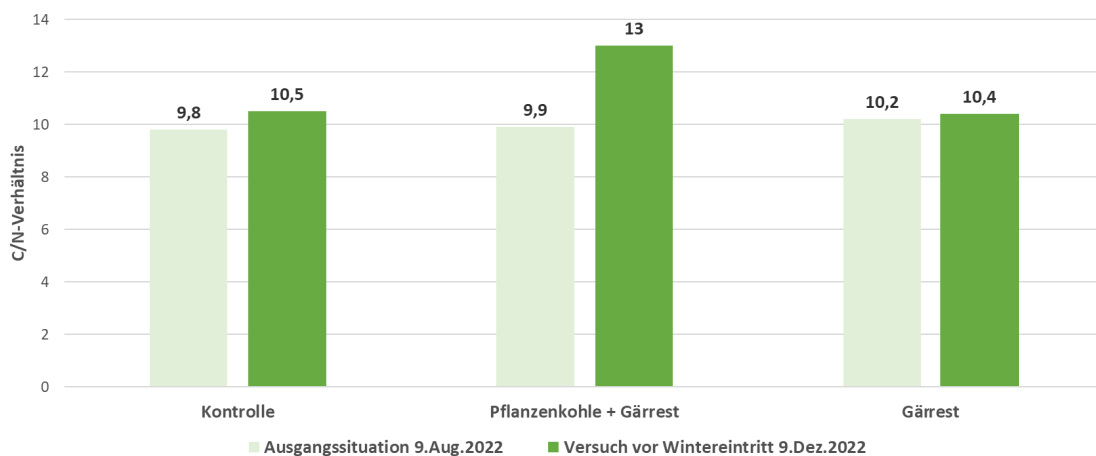


Abbildung 2: Einfluss der Applikation von Pflanzenkohle auf das C/N-Verhältnis im Oberboden einer Schwarzerde (Bernburg, 2022)

#### 4. Diskussion

Die positiven Effekte zum Einsatz einer beladenen Pflanzenkohle im Boden sind in zahlreichen Studien belegt und können mit der vorgestellten Versuchsanlage bestätigt werden. Dennoch ist eine Änderung der Bodeneigenschaften ein komplexer Prozess und muss über einen langfristigen Zeitraum beobachtet werden. Der Versuch soll demnach über weitere Fruchtfolge-Rotationen fortgeführt werden.

#### 5. Fazit

Die landwirtschaftlichen Akteure besitzen eine große Hebelwirkung hinsichtlich einer positiven Entwicklung des Klimaziels und natürlich ist die Betroffenheit der Landwirtschaft durch Extremwetterlagen mit Dürreperioden oder auch Starkniederschlagsereignissen immens. Mit einer Strategie die Landwirtschaft aktiv in den Klimaschutz einzu-

binden und den Doppelnutzen durch den Einsatz von Pflanzenkohle im landwirtschaftlichen Sektor zu erkennen, was neben der CO<sub>2</sub>-Sequestration weitere Vorteile im Boden- und Umweltschutz bringt. Der Schlüssel ist die TCR-Pflanzenkohle, die im landwirtschaftlichen Nährstoffkreislauf an verschiedenen Stellen implementiert werden kann und maßgeblich zur Veredelung organischer Düngemittel beiträgt. Auch die Potenziale der Landwirtschaft als Biomasselieferant für die TCR-Pyrolyse sind offensichtlich. Das sonst auf dem Feld verbleibende Stroh oder die anfallenden Gärreste aus den regionalen Biogasanlagen können als Ausgangsstoffe für die TCR-Pyrolyse dienen.