

Bilder: Holweg



In einzelnen Zeilen wurde in Jechtingen Pflanzenkohle-Kompost eingearbeitet (links). Die Nitratstickstoffgehalte waren in den Kohlevarianten im Frühjahr 2017 signifikant höher.

### Terra preta im Fokus der Wissenschaft

# Mit Pflanzenkohle gegen Nitrat

Durch ihre Speicherfähigkeit ist Pflanzenkohle ein langlebiger Träger für Wasser sowie Nährstoffe und könnte auch als Mittel gegen die Auswaschung von Nitrat interessant sein. Ein laufendes Projekt zu dieser Frage wird durch den badenova Innovationsfonds unterstützt.

**P**flanzenkohlen sind wegen ihrer Möglichkeiten zur Bodenverbesserung interessant. Ihre Eigenschaften werden vom Ausgangsmaterial und den Herstellungsbedingungen beeinflusst. Auch standortabhängige Faktoren verändern ihren Wirkungserfolg. Die Funktion als Nährstoffspeicher kann Pflanzenkohle erst voll entfalten, wenn ihre Oberfläche gewisse Anpassungsprozesse durchlaufen hat. Frisch hergestellte haften ihr einige Mineral-salze an, deren Düngewirkung aber untergeordnet ist. Kohle selbst ist kein direkter Dünger, lässt sich aber in feuchter Umgebung mit mineralischen und organischen Nährstoffen auf Wasser dringt tief in die Hohl-

räume ein. Wie Untersuchungen an der Universität Tübingen und Geisenheim zeigten, steigert eine dünne organische Schicht auf der Pflanzenkohlenoberfläche die Speicherwirkung für Nährstoffe noch mehr. Im Boden geschieht diese Beschichtung nur allmählich. Um Pflanzenkohle vorzubereiten, wird sie meist mit organischen

Düngern kombiniert, wie Kompost oder Trester, und ihre Oberfläche dadurch auch mikrobiell aktiviert. Ohne Vorbehandlung kann es zu einem Nährstoffdefizit für Pflanzen kommen, was jedoch von der aktuellen Versorgungslage des Bodens sowie der eingesetzten Menge und Beschaffenheit der Pflanzenkohle abhängt.

Die Versuchsfläche in Jechtingen wurde zwei Monate nach der Rodung im April 2015 rund 60 cm tief gespatet und am selben Tag eine Wolff-Mischung eingesät. Nach einem Jahr wurde – nur im Rebzeilenbereich – der Boden bearbeitet.



Die Versuchsfläche in Jechtingen wurde zwei Monate nach der Rodung im April 2015 rund 60 cm tief gespatet und am selben Tag eine Wolff-Mischung eingesät. Nach einem Jahr wurde – nur im Rebzeilenbereich – der Boden bearbeitet.

### Pflanzenkohle: Standortmerkmale und Bodenveränderung, Frühjahr 2016 bis 2018

<b>Gering dosierter Pflanzenkohleversuch</b>	<b>Neuanlage Jechtingen (Kaiserstuhl); großer Versuchsumfang Anwendung in Rebzeilen Anfang April 2016</b>
Ausgangssituation	Löss, pH 7,3, Humus 1,2 %, N-Gesamt 0,082 %. Die im Vorjahr eingesäte Wolff-Blühmischung wurde nach einjähriger Brache kurz vor der Neuanlage eingearbeitet
Varianten	Betriebsübliche Kontrolle, Kohle-Kompost und Kompost; letztere wurden vor der Pflanzung in Rebzeilen eingespatet (N-Gesamt der Komposte gleich: 1,5 %, Kohleaufwand im Zeilenbereich 7,2 t/ha; Einarbeitungstiefe 0–30 cm)
Versuchsdesign	170 Reben pro Variante; drei Varianten mit je vier Wiederholungen über die Fläche verteilt; jede Rebzeile ist eine Wiederholung
Düngung und Bodenpflege	Keine Stickstoffdüngung; P-Düngung im Sommer 2016; Mulchen der Gassen; Rebzeilenbearbeitung mit Ladurner Kreiselkrümmer; Bewässerung in den Sommermonaten
<b>Bodenveränderungen</b> (auf die Bodenschicht 0–30 cm bezogen mit Ausnahme Nitrat-N)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Nitrat-bezogene Variantenunterschiede in den drei Schichttiefen einzig in der Winterperiode 2016/2017 mit höchstem Gehalt bei Kohle-Kompost in 0–90 cm. N-Gesamtgehalt: Anstieg auf 0,082 % (betriebsüblich), 0,087 % (Kompost) und 0,093 % (Kohle-Kompost)</li> <li>Humusgehalt bei den Kompostmischungen mit und ohne Kohle erhöht auf 1,6 %, betriebsüblich auf 1,3 %</li> <li>Wassergehalt, pH: keine Variantenunterschiede; minimale Verringerung der Lagerungsdichte (3 %)</li> </ul>	
<b>Hoch dosierter Pflanzenkohleversuch</b>	<b>Neuanlage Meringen (Tuniberg); kleiner Versuchsumfang Anwendung im Pflanzloch Anfang April 2016</b>
Ausgangssituation	Löss, pH 7,3, Humus 1,6 %
Varianten	Kohle-Komposte wurden während der Pflanzung ins Pflanzloch gegeben (Kohleaufwand im Pflanzlochbereich 0 bei betriebsüblich, 45 t/ha bei Kohle-Kompost und 70 t/ha bei Ko-Kohle-Kompost; Einarbeitungstiefe 5–35 cm)
Versuchsdesign	7–15 Reben pro Variante, Beprobung stocknah, manuell; zur Schonung der Rebwurzeln nur wenige Probenentnahme
Düngung und Bodenpflege	Einsaat und Mulchen der Gassen; Rebzeilenbearbeitung mit Scheibenegge; keine Bewässerung, Trester jeweils Herbst
<b>Bodenveränderungen</b> (bis dato nur für Nitrat, Wasser und Lagerungsdichte)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Nitrat-bezogene Unterschiede in den drei Schichttiefen nach der Winterperiode 2016/2017 mit jeweils höchstem Gehalt bei den Kohle-Kompost-Varianten in 0–90 cm</li> <li>Wassergehalt erhöht, im Vergleich zu betriebsüblich bis über 50 %; Verringerung der Lagerungsdichte um bis zu 20 %</li> </ul>	

für Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK).

#### Anwendung über Kompost

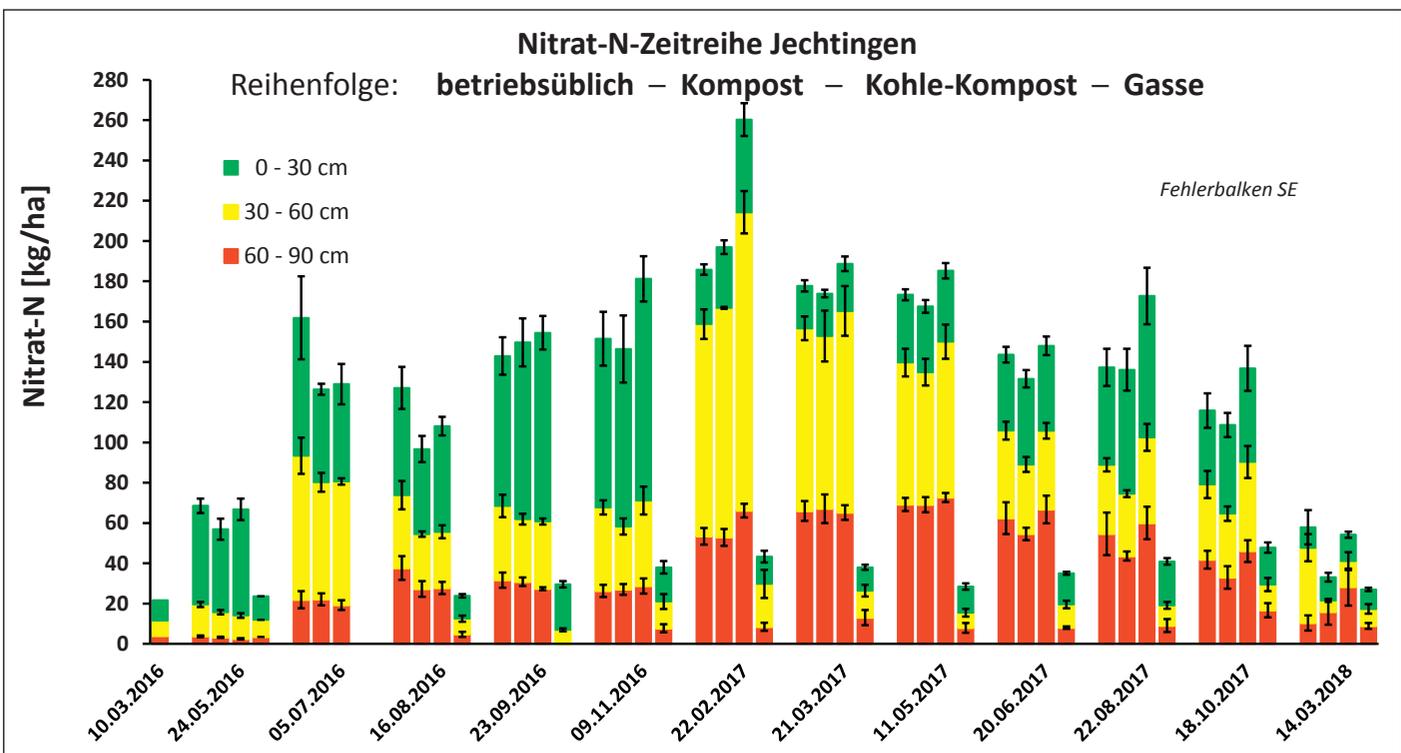
Für den vorliegenden Versuch wurden Waldholzhackschnittel aus der Kaiserstühler Region mit einer mobilen Kleinanlage bereitet (BiGchar), gemahlen und einem frühen Stadium einer Grünschnitt-Kompostierung beigemischt. Wie vorherige Studien zeigten, fördert die Zugabe von Pflanzenkohle die Durchlüftung und harmonisiert den Wasserhaushalt. Sehr früh zugegeben kann ein Zuviel den Kompostierprozess stören, spätere Zugaben erlauben höhere Dosierungen. Im Versuch lag die Kohlemenge mit einem Volumenverhältnis zu Grünschnitthäcksel von 1 : 2 an der Obergrenze. Da der Kompostauftrag durch die Vorgaben der Bioabfallverordnung (30 t Trockenmasse innerhalb von drei Jahren) begrenzt ist und Pflanzenkohle eine nur geringe Dichte hat (130 bis 300 g Trockenmasse pro Liter), ergab sich kohleseitig ein Aufwand von nur 720 g pro m<sup>2</sup> Trockenmasse. In einem Kleinversuch wurden die Substrate hochdosiert und anschließend nur ins Pflanzloch gegeben.

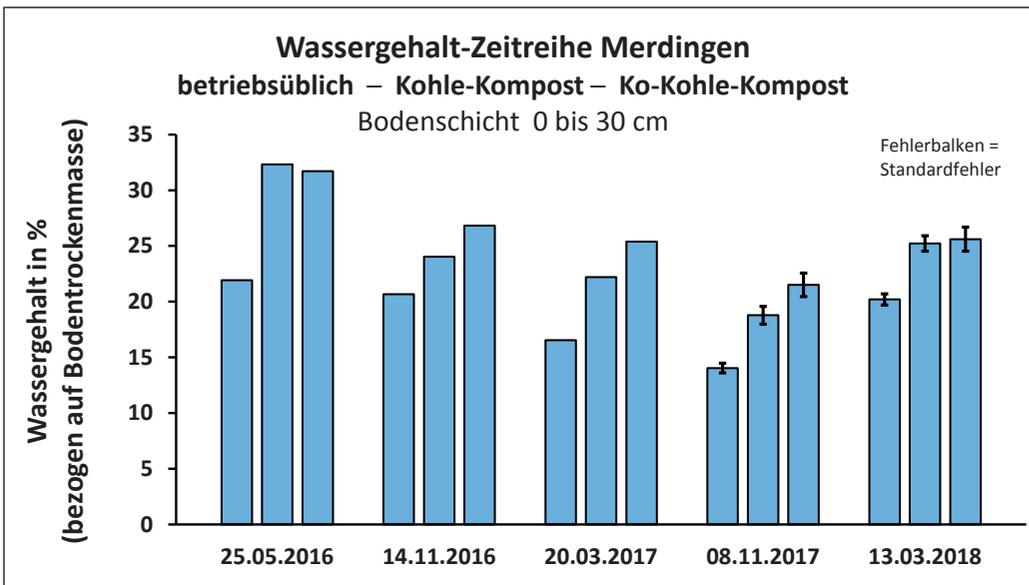
#### Selber machen oder kaufen

Holz Kohle kann man mit einfachen Köhlverfahren selbst herstellen, Beispiele sind Erdgruben oder konische Stahlbe-

hälter wie Kon-Tiki. Sie ist jedoch auch aus technisierten Anlagen erhältlich, die nach Standard arbeiten, zum Beispiel nach dem European Biochar Certificate. Nach der Dünge-

mittelverordnung muss ein Gehalt von mindestens 80 % Kohlenstoff vorliegen. Wie bei anderen Substraten auch müssen die Schadstoffgrenzen eingehalten werden, unter anderem





Wiederum unterschieden sich die Varianten in auffälliger Weise nach der ersten Winterperiode. War der Nitratgehalt in der Schicht von 0 bis 60 cm zwischen November 2016 und März 2017 betriebsüblich auf 30 % abgesunken, lag das Niveau der Schichten mit Kohle-Kompost noch bei 45 beziehungsweise 72 % der Ausgangswerte (45- und 70-Tonnen-Variante). In Merdingen zeigt sich dieses Muster im Frühjahr 2018 erneut mit signifikanten Unterschieden. Im Vergleich zu den Anfangsmonaten und zum Herbst des Vorjahres waren die Nitratgehalte zu diesem Zeitpunkt allgemein relativ niedrig.

### Feldversuche in Jechtingen

Bei den Nitratstickstoffgehalten der verschiedenen Bodenschichten traten in Jechtingen mit geringdosierter Kohlegabe nur am 22. Februar 2017 signifikante Unterschiede zwischen den Varianten auf. Zunächst waren im ersten Jahr der Neuanlage auch ohne Stickstoffdüngung die Nitrat-N-Gehalte auf ein allgemein hohes Niveau angestiegen – die Herbstwerte 2016 lagen im Gesamtprofil von 0 bis 90 cm bei 150 bis 180 kg Nitrat-N pro Hektar. Nach der Winterphase, einer für Nitratverlagerungen typischen Zeit, waren die Gehalte zwar immer noch hoch, aber stark verändert bezogen auf die beiden oberen Schich-

ten. So hatten die Gehalte vom 22. Februar 2017 im Vergleich zum 9. November 2016 in der obersten Schicht ab- und in der zweiten Schicht zugenommen, was auf eine Nitratverlagerung hinweist – siehe grüne Säulenabschnitte für 0 bis 30 cm und gelbe für 30 bis 60 cm in der Abbildung. Der Effekt war in allen Varianten vorhanden, doch lag die Kohle-Kompost-Variante um 70 kg Nitrat-N höher. In begrüntem Gassen sind die Gehalte stets gering, siehe Balkendiagramm „Nitrat-N-Zeitreihe Jechtingen“.

### Pflanzlochversuche in Merdingen

In der hochdosierten Variante im Pflanzlochversuch in Merdingen zeigte sich ein ähnliches

Muster. Die Herbstgehalte lagen bei etwa 300 kg Nitrat-N pro Hektar, davon der Großteil in der Schicht von 0 bis 60 cm.

### Pflanzenkohle speichert Wasser

Die Wassergehalte im Boden waren in Merdingen mit hochdosierten Kohlegaben im



Hochdosierte Kohle-Kompost-Mischung im Pflanzloch. Die Wassergehalte im Boden waren im Pflanzloch ganzjährig deutlich höher als ohne Kohle.

## Was ist Pflanzenkohle?

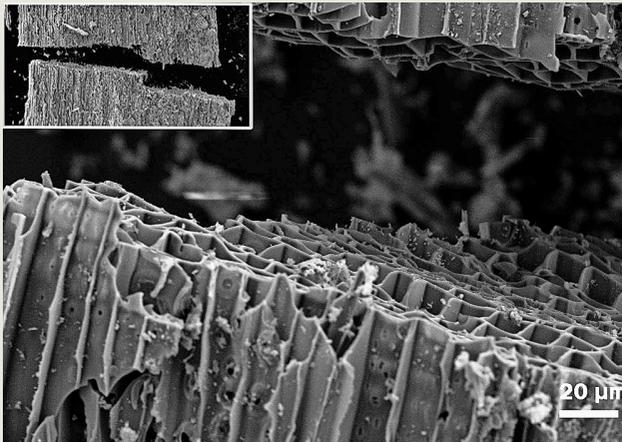


Bild: Holweg

So wie Holzkohle Holz als Ausgangsstoff hat, bezieht sich „Pflanzenkohle“ auf die Verkohlung von Biomasse, die letztendlich aus Pflanzen stammt – englisch: biochar. Pflanzenkohlen entstehen in sauerstoffarmer Verbrennungsluft bei Temperaturen zwischen 350 und 700 °C. Feste Bestandteile wie Zellwände bleiben erhalten und ergeben die poröse Struktur. Der schwammartige Charakter, die große Oberfläche und die physikalisch-chemischen Bindemöglichkeiten machen Pflanzenkohle zu einem effektiven Speicher für Wasser und Nährstoffe. Die Oberfläche von 1 g Pflanzenkohle misst oft weit mehr als 300 m<sup>2</sup>. Ihr Vorkom-

men im Boden ist als Folge von Vegetationsbränden oder durch Zutun des Menschen weltweit anzutreffen, wie Terra-preta-Funde im Amazonasgebiet belegen. Pflanzenkohlen sollen für Jahrhunderte stabil sein, jedoch dürfte ihr Zerfall unter vermehrter Bodenbearbeitung etwas beschleunigt sein. Dass Pflanzenkohle auch Langzeitspeicherung von CO<sub>2</sub> bedeutet, wird derzeit immer wichtiger. Die Abbildung unten zeigt eine Bruchkante von Holzkohle in 400-facher Mikroskopvergrößerung. Es sind die nach der Verkohlung stehen gebliebenen Zellwände noch gut erkennbar; links oben das 4 mm breite Kohlestück im Überblick. □

Pflanzloch ganzjährig deutlich höher als ohne Kohle, siehe Balkendiagramm Wassergehalt-Zeitreihe Merdingen. Im Extrem wurden in der Schicht 0 bis 30 cm über 50 % mehr Wasser gespeichert als betriebsüblich. In Jechtingen gab es bei der geringdosierten Kohleanwendung und der reinen Kompostvariante keine Unterschiede. Vermutlich war auf diesem Standort zu wenig Kohle vorhanden oder Unterschiede wurden durch die Bewässerung verdeckt.

Die Blätter der Reben entwickelten sich in allen Varianten und Standorten gleich gut – als Indikator wurde das Blattgrün

verwendet. Die Beeren in Jechtingen hatten gleiche Mostgewichte, während die Stickstoffgehalte in der Kohle-Kompost-Variante im Vergleich zu betriebsüblich und Kompost nicht signifikant etwas höher lagen.

### **Einfluss der Kohle auf die Nitratdynamik**

Zur Erklärung der höheren Nitratgehalte der Kohlevariante im Frühjahr 2017 im Vergleich zur betriebsüblichen Situation und zu Kompost alleine gibt es theoretisch mehrere Möglichkeiten.

Möglich ist, dass das Nitrat durch Pflanzenkohle teilweise gebunden und so langsamer in

## FAZIT

Hohe Gaben von Pflanzenkohle haben die Wasserspeicherefähigkeit des Bodens verbessert. Die Nitrat-N-Gehalte waren in den Kohle-Varianten im Frühjahr 2017 um 40 bis 80 kg/ha höher. Unter den vorgenannten Bedingungen hieß dies Nitratplus eine Retention während der Auswaschungsphase. Im mehrfach bearbeiteten Zeilenbereich war ein starker Anstieg von Nitrat vorausgegangen – in Jechtingen ohne N-Düngung. Auswaschungsprozesse unterblieben jedoch nicht gänzlich und Unterschiede in den Wachstumsphasen nivellierten sich wieder. Dies spricht dafür, dass Pflanzenkohle nicht in eine ungewollte Stickstoffmobilisierung umschlug. Als Mittel gegen Nitratauswaschung ist Pflanzenkohle nicht so effektiv wie eine Begrünung. Eine Unterstockbegrünung wäre aber insbesondere in der Neu- und Junganlage eine zu hohe Wasser- und Nährstoffkonkurrenz. Auch im bearbeiteten Zeilenbereich wäre in Auswaschungsphasen eine Retention wünschenswert. □

Bild: agrarpress



Vor der Ausbringung wird Pflanzenkohle meist mit organischen Düngern wie Kompost vermischt.

untere Bodenschichten verfrachtet wurde, was als Retention bezeichnet wird. In Nicht-Kohle-Varianten käme es dagegen zu einer Verlagerung in noch tiefere Schichten. Dies setzt eine genügend hohe Versickerung voraus. Betrachtet man die Entwicklung der Bodenfeuchte sowie die Gesamtniederschläge dieser Periode, scheint diese Mög-

lichkeit an beiden Standorten gegeben. Die Unterschiede könnten auch als Folge verstärkter mikrobieller Umsetzung gesehen werden. Dies ist jedoch unwahrscheinlich, da in wärmeren Monaten kein Effekt erkennbar war. Auch die Möglichkeit von Pflanzenkohle als nennenswerte Stickstoffquelle scheidet aus. □



AUTORINNEN

■ Dr. Carola Holweg – Nachhaltigkeits-Projekte, 79249 Merzhausen, Tel. 0761/430 9741, E-Mail: mail@carola-holweg.de

■ Dr. Monika Riedel, WBI Freiburg, Tel. 0761/40165-18, E-Mail: monika.riedel@wbi.bwl.de