

Merkblatt zu Anforderungen an die Eigenschaften von Pflanzenkohlen zur Herstellung hochwertiger Pflanzenkohlenkomposte

Inputstoffe für Pflanzenkohlen

Wie bei der Kompostierung selbst gilt auch bei der Herstellung von Pflanzenkohlen: Die Qualität der Inputstoffe bestimmt maßgeblich die Qualität des Endproduktes. Zudem muss bei der Herstellung von Pflanzenkohlen zwischen dem technisch möglichen und dem rechtlich zulässigen unterschieden werden. Aus technischer Sicht lässt sich fast jede Biomasse verkohlen. Nach aktuellem deutschen Düngemittelrecht sind aber nur Pflanzenkohlen aus holziger Biomasse mit einem Kohlenstoffanteil von über 80 % verkehrsfähig. Andere Ausgangsstoffe sind – unabhängig von der Qualität des Endproduktes – derzeit nicht zulässig. Die ändert sich voraussichtlich ab Mitte 2022 mit dem Inkrafttreten der Europäischen Düngeprodukteverordnung. Darin wird die Positivliste der Inputstoffe für die Herstellung von Pflanzenkohlen deutlich ausgeweitet. So sind z. B. auch bestimmte tierische Nebenprodukte, pflanzliche Reststoffe aus der Landwirtschaft oder der Zellstoffgewinnung potentiell zulässig, wobei das endgültige Kriterium ein positiver pflanzenbaulicher Effekt ist und kein erhöhtes Risiko für die Umwelt, insbesondere durch einen Eintrag von Schadstoffen, bestehen darf. Einen Überblick über mögliche Inputstoffe gibt die Positivliste des Europäischen Biokohle Zertifikats (EBC), die sich mit den rechtlichen Vorgaben der Europäischen Düngeprodukteverordnung deckt.

Herstellungsverfahren von Pflanzenkohlen

Ähnlich wie bei den möglichen Inputstoffen gibt es auch bei den Herstellungsverfahren von Pflanzenkohlen ein breites Spektrum. Gemeinsam ist allen Methoden, dass die Biomasse in einer sauerstoffarmen bzw. sauerstofffreien Atmosphäre verkohlt wird. Liegen die Verkohlungstemperaturen zwischen 350 und 1000 °C wird der Prozess als Pyrolyse bezeichnet, bei niedrigeren Temperaturen (200 bis 300 °C) spricht man von Torrefizierung bzw. Torrefikation. Die Verkohlungstemperatur beeinflusst ganz wesentlich die Porosität der Pflanzenkohle sowie die Stabilität der entstehenden Kohlenstoffverbindungen und deren chemische Eigenschaften. Grundsätzlich gilt, dass mit steigender Temperatur die Porosität der Kohle und die Kohlenstoffstabilität zunehmen. Gleichzeitig sinkt aber die Anzahl funktioneller Gruppen und damit unter anderem die Kationenaustauschkapazität. Da zudem Wechselwirkungen zwischen der verwendeten Biomasse, der Verkohlungstemperatur und

weiteren Prozessbedingungen bestehen, ist die Festlegung einer Optimaltemperatur nicht möglich. Allgemein haben sich Temperaturen zwischen 400 und 800 °C als günstig erwiesen.

Neben der Pyrolyse gibt es auch noch die hydrothermale Karbonisierung, bei der Biomasse im wässrigen Milieu unter hohem Druck und bei hohen Temperaturen in ein – je nach Verkohlungsgrad – torf- bis braunkohleartiges Material umgewandelt wird. Der Kohlenstoff dieser sogenannten Hydrokohlen ist im Vergleich zum Kohlenstoff von pyrolytisch hergestellten Pflanzenkohlen deutlich weniger stabil, weswegen Hydrokohlen nach derzeitigem Stand des Wissens nicht für die Herstellung von Pflanzenkohlekomposten geeignet sind.

Die Kohlenstoffstabilität lässt sich mit dem H/C- und O/C-Verhältnis anhand des Van-Krevelen-Diagramms beschreiben (Abb. 1). Je näher ein Material am Koordinatenursprung liegt, umso stärker ist ein Material decarboxyliert (x-Richtung) bzw. dehydratisiert (y-Achse) und umso stabiler sind die verbleibenden Kohlenstoffverbindungen. Bei Pflanzenkohlen für die Herstellung von Pflanzenkohlekomposten sollten das H/C- und das O/C-Verhältnis kleiner als 0,7 bzw. 0,4 sein, was in Abb. 1 für alle pyrolytisch, aber nicht für die mittels Torrefizierung hergestellten Pflanzenkohlen zutrifft.

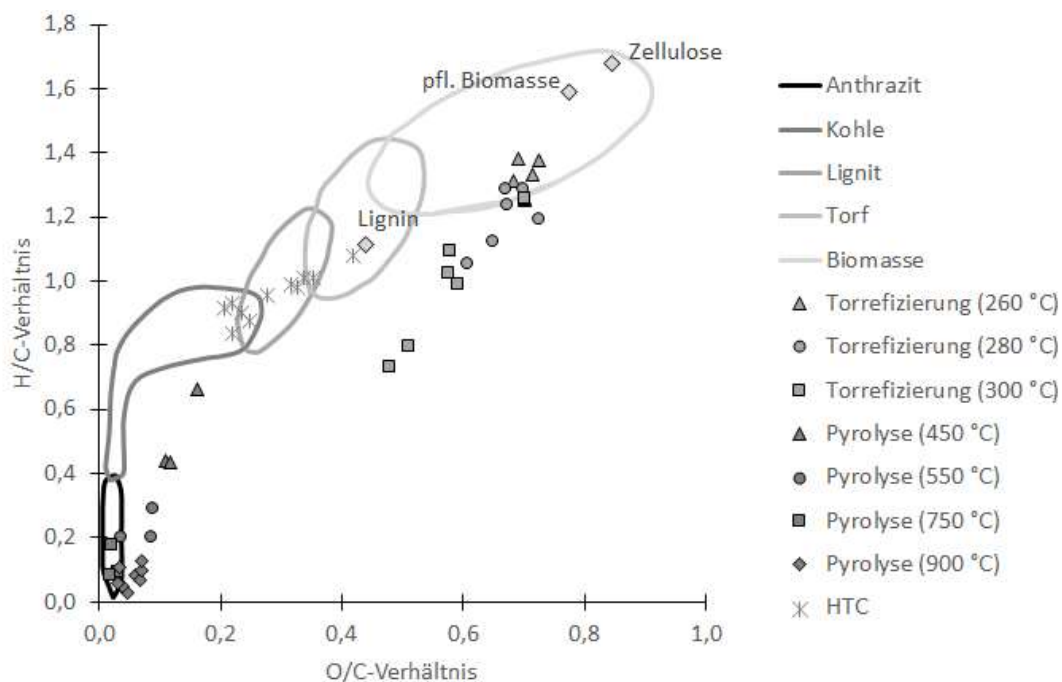


Abb. 1: Lage unterschiedlich karbonisierter Biomassen im Van-Krevelen-Diagramm (Daten aus diversen Quellen)

Anforderungen an Schadstoffgehalte

Bezüglich der Eignung von Pflanzenkohlen zur Co-Kompostierung ist der wichtigste Punkt ein möglichst geringer Gehalt an organischen Schadstoffen namentlich Polyaromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK). Überschreiten die Pflanzenkohlen die entsprechenden Richtwerte ist das ein absolutes Ausschlusskriterium. Da sich PAK während unvollständiger

Verbrennungsprozesse – und damit während der Herstellung der Kohlen – bilden können besteht bei unsachgemäß hergestellten Produkten die Gefahr einer sehr hohen Belastung. Besonders problematisch sind in diesem Zusammenhang Kohlen aus Holzvergaseranlagen. Als Maximalwert für die Belastung mit PAK kann der Grenzwert des Europäischen Pflanzenkohle Zertifikats für die Qualitätsstufe Agro von 6 mg/kg (Summe der 16 EPA-PAK), der sich auch im aktuellen Entwurf der europäischen Düngeprodukteverordnung (EU-VO 2019/1009) wiederfindet, herangezogen werden. Wichtig ist dabei, dass für die PAK-Extraktion das Toluol-Verfahren verwendet wird, da andere Extraktionsmittel den PAK-Gehalt bei Pflanzenkohlen deutlich unterschätzen. Neben PAK können Kohlen auch weitere organische Schadstoffe (Dioxine/Furane) enthalten, die ebenfalls während der Pyrolyse entstehen. Ansonsten sind – wie bei allen anderen Inputstoffen für die Kompostierung – möglichst geringe Gehalte an anorganischen Schadstoffen, vor allem Schwermetallen, anzustreben. Um möglichst auf der sicheren Seite zu sein, sollten nur EBC zertifizierte Pflanzenkohlen der Qualitätsstufen Agro, AgroBio bzw. Feed verwendet werden. Damit werden gleichzeitig die rechtlichen Vorgaben der Europäischen Düngeprodukteverordnung eingehalten.

Tab. 1: Grenzwerte für organische und anorganische Schadstoffe in Pflanzenkohlen

Parameter	Europäisches Pflanzenkohle-Zertifikat			EU-VO 2019/1009
	EBC-Feed	EBC-AgroBio	EBC-Agro	
Pb (mg/kg TS)	10 ^a	45	120	120
Cd (mg/kg TS)	0,8 ^a	0,7	1,5	1,5/2,0 ^c
Ni (mg/kg TS)	25	25	50	50
Hg (mg/kg TS)	0,1 ^a	0,4	1,0	1,0
Cr-Gesamt (mg/kg TS)	70	70	90	k.V. ^b
Cr-VI (mg/kg TS)	k.V. ^b	k.V.b	k.V.b	2,0
As (mg/kg TS)	2,0 ^a	13	13	40
16 EPA-PAK (mg/kg TS)	Angabe	4±2	6±2,2	6,0
8 EFSA-PAK (mg/kg TS)	1,0	1,0	1,0	k.V. ^b
PCDD/F (ng/kg TS)	0,75 ^a	20	20	20
ndl-PCB (mg/kg TS)	3,5·10 ^{-6 a}	0,2	0,2	0,8

^a Angaben bezogen auf 88 % TS; ^b keine Vorgaben; ^c Vorgaben für organische Düngemittel/Bodenverbesserungsmittel

Anforderungen an die Struktur

Hierbei gibt es anders als bei den Schadstoffen kein richtig oder falsch. Ob eine grobe oder eine feine Pflanzenkohle besser geeignet ist, hängt vor allem von der Struktur der restlichen für die Kompostierung verwendeten Inputstoffe ab. Bei der Kompostierung sehr feiner Biomasse mit einem hohen Grünanteil (z.B. Grasschnitt, Gemüseabfälle o.ä.) sind eher grob strukturierte Pflanzenkohlen zu bevorzugen, da diese eine gute Belüftung der Kompostmiete



unterstützen. Wird dagegen mehr grobes und holziges Material (z. B. holziges Material aus der Landschaftspflege, Hopfenrebenhäcksel) kompostiert, sind feine Kohlen besser geeignet. Durch die Porosität können die Kohlen sehr viel Wasser speichern und sorgen damit für ein besseres Mikroklima innerhalb der Miete. So konnte bei der Kompostierung von überwiegend holzigem Landschaftspflegematerial (Abb. 2) durch die Beimischung einer feinen Pflanzenkohle (Körnung 0 bis 3 mm) eine deutlich höhere Mientemperatur erzielt werden als ohne Pflanzenkohle bzw. bei Beimischung einer groben Kohle (> 5 bis 10 mm). Dies bestätigte sich auch in einem Kompostiersversuch mit Hopfenrebenhäcksel. Dies ist vor allem im Hinblick auf die ausreichende Hygienisierung von großer Bedeutung.

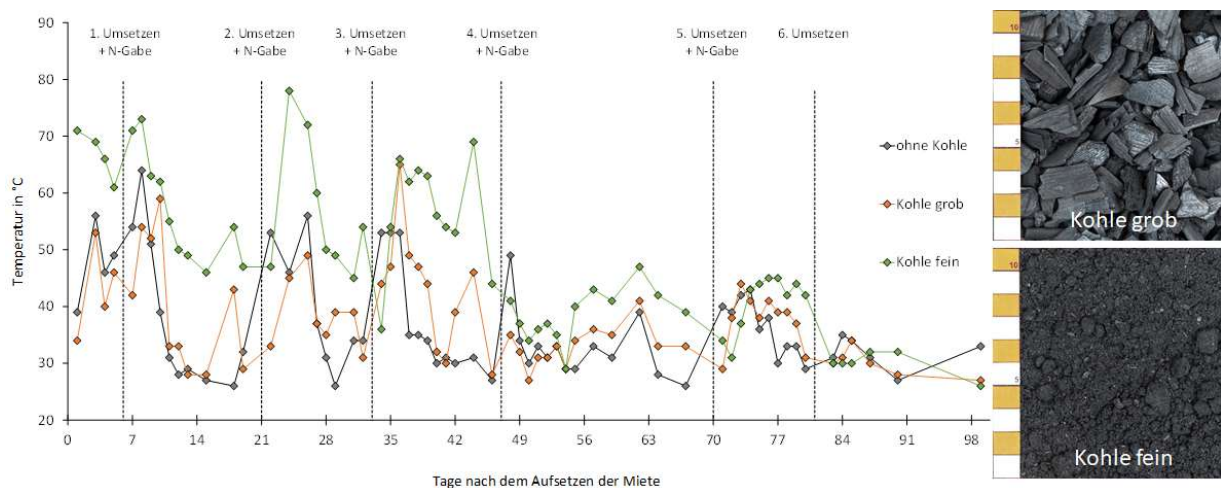


Abb. 2: Verlauf der Mientemperatur bei der Kompostierung von Landschaftspflegematerial ohne sowie mit grober bzw. feiner Pflanzenkohle

Anforderungen an Nährstoffgehalte

Wie bei der Struktur gibt es bei den Nährstoffgehalten ebenfalls kein richtig oder falsch, sondern nur ein es kommt darauf an. Zudem spielt auch hier die Wahl der übrigen Inputstoffe eine entscheidende Rolle. Werden sehr nährstoffreiche Reststoffe kompostiert, spielen die in der Pflanzenkohle enthaltenen Nährstoffe auf Grund der relativ geringen Anteile nur eine untergeordnete Rolle. Die so produzierten Pflanzenkohlekomposte sind dann aber als organischer Dünger mit bodenverbessernder Wirkung einzustufen, deren maximale Aufwandmenge vom Nährstoffbedarf der Kultur limitiert wird. Sehr nährstoffarme Pflanzenkohlen sind vor allem dann von Bedeutung, wenn die erzeugten Pflanzenkohlekomposte zur Bodenverbesserung – vor allem zur Verbesserung der Bodenstruktur sowie zur Förderung des Bodenlebens – dienen sollen, damit auch bei einmalig höheren Aufwandmengen, z. B. bei Pflanzlochgaben in Sonderkulturen, die zulässigen Nährstofffrachten nicht überschritten werden. Wichtig sind die Nährstoffgehalte zudem bei der düngemittelrechtlichen Einstufung der Pflanzenkohle: Diese dürfen nur dann als Bodenverbesserungsmittel auf den Markt gebracht werden, wenn sie keine wesentlichen Nährstoffmengen enthalten, d.h. sie dürfen nicht mehr als 1,5 % N, 0,5 % P₂O₅, 0,75 % K₂O oder 0,3 % S aufweisen.