



# Richtlinien

European Biochar Certificate

für die nachhaltige Produktion von Pflanzenkohle

Version 9.0G – Stand 1.06.2020

**Bitte zitieren als:**

EBC (2012) 'European Biochar Certificate – Richtlinien für die Zertifizierung von Pflanzenkohle', Ithaka Institute, Arbaz, Switzerland. <http://www.european-biochar.org>  
Version 9.0G vom 1. Juni 2020, DOI: 10.13140/RG.2.1.4658.7043

## **Impressum**

Die EBC-Richtlinien gelten seit 1. Januar 2012 und sind Grundlage für die Zertifizierung von Pflanzenkohle durch die unabhängige, staatlich akkreditierte Kontrollstelle q.inspecta.

Hans Peter Schmidt\*, Ithaka Institute

Samuel Abiven, Universität Zürich

Thomas Bucheli, Agroscope Zürich

Bruno Glaser, Universität Halle

Claudia Kammann, Universität Geisenheim

Jens Leifeld, Agroscope

Nikolas Hagemann, Ithaka Institute

\* korrespondierender Autor: [schmidt@ithaka-institut.org](mailto:schmidt@ithaka-institut.org)

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung des  
Ithaka Institute for Carbon Strategies, Switzerland ([www.ithaka-institut.org](http://www.ithaka-institut.org))

Copyright: © 2012 Ithaka Institute

## Inhaltsverzeichnis

- A. Kurzfassung des EBC-Zertifikates zur Vorbereitung der Kontrolle
  - 1. Ziel der Richtlinien und Zertifizierung
  - 2. Definition von Pflanzenkohle und Einführung der EBC-Anwendungsklassen
  - 3. Eingesetzte Biomasse
  - 4. Definition von Pflanzenkohle-Chargen und die Einsendung von Analyseproben
  - 5. Probenahme
  - 6. Eigenschaften der Pflanzenkohle
  - 7. Pyrolysetechnik
  - 8. Arbeits- und Anwenderschutz
  - 9. Pflanzenkohle für den Einsatz in der Tierfütterung (EBC-Futter)
  - 10. Zertifizierung von Pflanzenkohle-verarbeitenden Betrieben
  - 11. Markenschutz und Pflichtangaben
  - 12. Kontrolle, Qualitätsmanagement und Zertifizierung
  - 13. Referenzen

### ANHANG

- 1. Analytische Methoden – Basispaket
- 2. Analytische Methoden für EBC-Futter
- 3. Analytische Methoden für Zusatzparameter
- 4. Erstellung repräsentativer Proben
- 5. Positivliste der Biomassen

## A. Kurzfassung des EBC-Zertifikats für Produzenten von Pflanzenkohle

*Betriebe, die zertifizierte Pflanzenkohle verarbeiten und handeln, konsultieren bitte direkt Kapitel 10.*

### 1. Anmeldung

- 1.1 Hersteller von Pflanzenkohle melden sich als Produzent auf der Webseite des EBC (<https://european-biochar.org/en/ebc-producer/send-batch-request>) sowie bei der akkreditierten Kontroll- und Zertifizierungsstelle bio.inspecta AG an (<http://www.european-biochar.org/en/registration>).
- 1.2 Nach erfolgter Anmeldung koordiniert das Ithaka Institute zusammen mit der Kontrollstelle einen Termin zum EBC-Erstaudit beim Hersteller von Pflanzenkohle.
- 1.3 Beim Erstaudit wird die betriebsspezifische Gütesicherung sowie der Probenahmeplan erarbeitet. Dies wird in einem Betriebshandbuch beschrieben und vertraglich festgelegt. Es erfolgt zudem eine Einweisung in die EBC-Methodik, die zu führenden EBC-Unterlagen und Protokolle sowie den Ablauf der jährlichen Kontrolle durch die bio.inspecta AG.
- 1.4 Der zu zertifizierende Betrieb benennt einen Qualitätsmanager, welcher zum direkten Ansprechpartner für das Ithaka Institut und die Kontrollstelle wird.

### 2. Produktionscharge

- 2.1 Eine Produktionscharge beginnt mit deren Anmeldung auf der EBC-Webseite. Hierbei erhält die Produktionscharge eine eindeutige ID-Nummer mit QR-Code.
- 2.2 Eine Produktionscharge dauert inklusive jedweder Produktionsunterbrechung maximal ein Kalenderjahr.
- 2.3 Innerhalb der ersten 2 Monate nach Anmeldung einer Produktionscharge hat eine repräsentative Probenahme durch einen akkreditierten Probenehmer zu erfolgen. Der akkreditierte Probenehmer ist in der Regel die gleiche Person wie der von der Kontrollstelle entsendete Inspektor.
- 2.4 Die Pyrolysetemperatur in °C darf sich während der Produktion um nicht mehr als 20% ändern. Bei einer deklarierten Pyrolysetemperatur von bspw. 600 °C sind damit kurzfristige Schwankungen zwischen 480 °C und 720 °C gestattet.

2.5 Die Zusammensetzung der Biomassen darf sich nicht um mehr als um 20% verändern. Wird beispielsweise ein Gemisch aus 50% Getreidespelzen und 50% Landschaftspflegeholz pyrolysiert, dürfen die Anteile um d.h. im Bereich 40% bis 60% ( $\pm(50\% \times 20\%) = \pm 10\%$ ) variieren.

2.6 Nach Ablauf einer Produktionscharge muss eine darauffolgende, neue Produktionscharge wiederum auf der EBC-Webseite angemeldet werden.

### **3. Probenahme und Einsendung der Probe zur Analyse**

3.1 Die repräsentative Probe einer Produktionscharge wird beim Erstaudit und danach während jeder Jahreskontrolle durch einen akkreditierten Probenehmer nach dem im Erstaudit vertraglich festgelegten Probenahmeplan gezogen und an ein EBC akkreditiertes Labor geschickt.

3.2 Der Pflanzenkohleproduzent wählt ein EBC akkreditiertes Labor aus.

3.3 In Entsprechung mit dem vertraglich festgelegten Probenahme- und Gütesicherungsplan sorgen die Produktionsbetriebe für die Entnahme und versiegelte Lagerung regelmäßiger (in der Regel täglicher) Rückstellproben.

### **4. Verwendbare Biomassen für die Herstellung von Pflanzenkohle**

4.1 Alle Biomassen die auf der EBC-Positivliste verzeichnet sind, dürfen einzeln oder gemischt als Ausgangsstoff zur Herstellung von EBC-Pflanzenkohle verwendet werden. Für jede Anwendungsklasse gelten bestimmte Einschränkungen, die aus der EBC-Positivliste hervorgehen. So dürfen zum Beispiel für EBC-Futter nicht alle Biomassen verwendet werden, die für EBC-Material eingesetzt werden dürfen. Innerhalb einer Charge darf die Art Biomasse nicht verändert werden, bzw. dürfen sich die Mischungsverhältnisse um nicht mehr als 20% verändern (vgl. 2.5).

4.2 Mineralische Zusätze gemäß EBC-Positivliste dürfen bis 10% bezogen auf die Masse zugesetzt werden. Bei EBC-Futter sind keine mineralischen Zusätze zugelassen.

### **5. Vorgaben an die Pyrolysetechnik**

5.1 Die Nutzung der Abwärme oder Nutzung der flüssigen und gasförmigen Pyrolyseprodukte muss gewährleistet werden.

5.2 Die national festgelegten Emissionsgrenzwerte müssen eingehalten werden.

## 6. Eigenschaften der Pflanzenkohle

6.1 Die Pflanzenkohlen für alle Anwendungsklassen (Futter, AgroBio, Agro, Material) müssen mindestens nach dem EBC-Basic Analysepaket analysiert werden. Für EBC-Futter sind zusätzlich die Analysen des EBC-Futterpakets erforderlich.

6.2 Folgende Grenzwerte sind einzuhalten:

EBC - Label EBC - Klasse		EBC-Feed Klasse I	EBC-AgroBio Klasse II	EBC-Agro Klasse III	EBC-Material Klasse IV
<b>Elementaranalyse</b>	C-Gesamt, Corg, H, N, O, S, Asche,				
	H/Corg	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7
	O/Corg	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4
<b>Physikalische Parameter</b>	Wassergehalt, Trockensubstanz (TS), Schüttdichte (bezogen auf TS), spezifische Oberfläche (BET), pH, Salzgehalt				
<b>TGA</b>	Einmalig für die erste, angemeldete Produktionscharge				
<b>Nährstoffe</b>	Mindestens N, P, K, Mg, Ca				
<b>Schwermetalle</b>	Pb	10 g t <sup>-1</sup> (88%TS)	45 g t <sup>-1</sup> TM	150 g t <sup>-1</sup> TM	250 g t <sup>-1</sup> TM
	Cd	1 g t <sup>-1</sup> (88% TS)	0.7 g t <sup>-1</sup> TM	1,5 g t <sup>-1</sup> TM	5 g t <sup>-1</sup> TM
	Cu	100 g t <sup>-1</sup> TS	70 g t <sup>-1</sup> TM	100 g t <sup>-1</sup> TM	250 g t <sup>-1</sup> TM
	Ni	30 g t <sup>-1</sup> TS	25 g t <sup>-1</sup> TM	50 g t <sup>-1</sup> TM	250 g t <sup>-1</sup> TM
	Hg	0.1 g t <sup>-1</sup> (88% TS)	0.4 g t <sup>-1</sup> TM	1 g t <sup>-1</sup> TM	1 g t <sup>-1</sup> TM
	Zn	400 g t <sup>-1</sup> TS	200 g t <sup>-1</sup> TM	400 g t <sup>-1</sup> TM	750 g t <sup>-1</sup> TM
	Cr	80 g t <sup>-1</sup> TS	70 g t <sup>-1</sup> TM	90 g t <sup>-1</sup> TM	250 g t <sup>-1</sup> TM
	As	2 g t <sup>-1</sup> (88% TS)	13 g t <sup>-1</sup> TM	13 g t <sup>-1</sup> TM	15 g t <sup>-1</sup> TM
<b>Organische Schadstoffe</b>	16 EPA PAK	4±2 g t <sup>-1</sup> TM	4±2 g t <sup>-1</sup> TM	6.0+2.2 g t <sup>-1</sup> TM	30g t <sup>-1</sup> TM
	Benzo[a]pyren	25 mg t <sup>-1</sup> (88% TS)			
	PCB, PCDD/F	Siehe Kap. 9	Einmalig je Anlage für die erste angemeldete Produktionscharge		

## 7. Arbeitsschutz

7.1 Die Arbeiter müssen schriftlich bestätigen, über etwaige Gefahren am Arbeitsplatz aufgeklärt worden zu sein und über entsprechend notwendige Schutzkleidung zu verfügen.

# 1. Ziel der Richtlinien und der Zertifizierung

Holz- und Pflanzenkohle gehören seit über zwei Jahrtausenden zu den grundlegenden Rohstoffen der Zivilisation. Der weitaus größte Teil der Holzkohle wurde zum Kochen, zum Heizen und zur Metallherstellung verwendet. Ein Teil der Holz- und Pflanzenkohlen wurde aber auch schon vor Jahrhunderten als Bodenverbesserer, als Stall- und Sanitärstreu, Heilmittel und auch als Futterergänzung verwendet. Im letzten Jahrhundert ging viel von diesem traditionellen Wissen verloren und ist erst um die Jahrtausendwende wieder neu entdeckt worden.

Dank umfangreicher multidisziplinärer Forschungen und praktischer Versuche ist es gelungen, die biologischen und physikalisch-chemischen Abläufe beim Einsatz von Pflanzenkohle besser zu verstehen und Schritte zu ihrem Einsatz in der landwirtschaftlichen Praxis einzuleiten. Seit 2015 wurde bereits eine deutliche Zunahme der landwirtschaftlichen Verwendung von Pflanzenkohle verzeichnet. Ab 2020 wird eine weitere Beschleunigung sowohl des landwirtschaftlichen als auch des industriellen Einsatzes von Pflanzenkohle erwartet. Die landwirtschaftlichen Anwendungen reichen dabei von der Bodenverbesserung, dem Einsatz als Kompostierzusatz und als Trägerstoff für Düngemittel oder Gülle bis hin zur Stalleinstreu, zu Silagehilfsstoffen und zu Futtermittelzusätzen. Die industrielle Anwendung betrifft insbesondere die Sektoren der Bau- und Kunststoff- sowie der Papier- und Textilindustrie.

Die meisten traditionellen Methoden zur Herstellung von Holz- und Pflanzenkohle waren hinsichtlich ihrer Kohlenstoffeffizienz und vor allem hinsichtlich ihrer Umweltbilanz ungenügend und sind entsprechend ungeeignet, um die zu erwartenden Mengen an Pflanzenkohle für Industrie und Landwirtschaft zu produzieren. Erst durch moderne Pyrolyseanlagen und -methoden kann Pflanzenkohle aus einer großen Vielfalt von Biomassen energieeffizient und ohne Belastung für die Umwelt hergestellt werden. Da sowohl die Eigenschaften der Pflanzenkohle als auch die Umweltbilanz ihrer Herstellung stark abhängig von der technischen Steuerung der Pyrolyse und den verwendeten Biomassen sind, war es notwendig, ein sicheres Kontrollsystem für die Herstellung und Analyse von Pflanzenkohle einzuführen.

Mit den vorliegenden Richtlinien für die Erlangung des Europäischen Pflanzenkohle-Zertifikates beabsichtigt das Ithaka Institut eine wissenschaftlich fundierte und praxisnahe Kontrollgrundlage einzuführen. Dank des Kontrollzertifikates sollen die nachhaltige Produktion von Pflanzenkohle sichergestellt werden und die Produzenten gegenüber Anwendern und Behörden die Möglichkeit erhalten, die Qualität der Pflanzenkohle nachweisbar zu garantieren.

Die Pflanzenkohle-Technologie entwickelt sich weiterhin sehr rasch. Weltweit werden in zahlreichen Forschungsprojekten die Eigenschaften von Pflanzenkohlen und deren Wechselwirkungen mit anderen Substanzen, Materialien und der Umwelt untersucht. Monatlich erscheinen neue Versuchsergebnisse und hunderte wissenschaftliche Studien zum Thema. Jedes Jahr streben neue Hersteller von Pyrolyseanlagen auf den Markt, und die Einsatzbereiche für Pflanzenkohle und von pflanzenkohle-basierten Produkte wachsen. Das vorliegende Pflanzenkohle-Zertifikat ist mit dieser wissenschaftlichen und technischen Dynamik eng verknüpft und wird dementsprechend jedes Jahr nach den neuesten Erkenntnissen und Entwicklungen überarbeitet. Grenzwerte und Analysemethoden werden jeweils an die neuesten Erkenntnisse angepasst oder wenn nötig neu eingeführt.

**Das Ziel der Richtlinien besteht in der Gewährleistung einer wissenschaftlich stichhaltigen, gesetzlich abgesicherten, wirtschaftlich verantwortbaren und praktisch umsetzbaren Kontrolle der Produktion und Qualität von Pflanzenkohle. Für Anwender von Pflanzenkohle und Produkten auf Basis von Pflanzenkohlen soll eine transparente und nachvollziehbare Kontrolle und Qualitätsgarantie ermöglicht werden.**

Das *European Biochar Certificate* ist ein freiwilliger Industriestandard in Europa. Die Zertifizierungsstufe EBC-AgroBio gilt in der Schweiz als Voraussetzung für den Einsatz von Pflanzenkohle als Bodenverbesserer.

## 2. Definition von Pflanzenkohle

### Einführung der EBC Anwendungsklassen

**Pflanzenkohle ist ein poröses, kohlenstoffhaltiges Material, das durch Pyrolyse aus klar definierten pflanzlichen Biomassen hergestellt und so angewendet wird, dass der enthaltene Kohlenstoff langfristig und klimarelevant als C-Senke gespeichert bleibt oder in industriellen Fertigungsprozessen fossilen Kohlenstoff ersetzt.**

Pflanzenkohlen werden durch Pyrolyse pflanzlicher Biomassen hergestellt. Als Pyrolyse gilt hierbei die thermochemische Konversion von Biomassen bei stark reduziertem Sauerstoffgehalt und bei Temperaturen zwischen 350°C und 1000 °C. Torrefizierung und Hydrothermale Karbonisierung sind verwandte Verkohlungsprozesse, deren Endprodukte nach der vorliegenden Definition nicht als Pflanzenkohle bezeichnet werden und nicht Teil der vorliegenden Richtlinien sind. Biomasse-Vergasung ist ein Spezialfall der Pyrolyse und kann, wenn sie für die Herstellung von Pflanzenkohle optimiert ist, ebenfalls nach dem EBC zertifiziert werden.

Pflanzenkohle wird sowohl durch ihre Qualitätsmerkmale als auch durch ihre Ausgangsprodukte, nachhaltige Herstellung und Anwendung definiert.

Entsprechend den vorliegenden Richtlinien werden Pflanzenkohlen in vier verschiedene Anwendungsklassen mit jeweils unterschiedlichen Grenzwerten und ökologischen Anforderungen eingeteilt: **EBC-Futter, EBC-AgroBio, EBC-Agro, EBC-Material**.

Pflanzenkohlen mit EBC-Futter Zertifizierung erfüllen alle Anforderung der EU-Futtermittelverordnung und dürfen als Futtermittel bzw. Futterzusatz in der Tierhaltung verabreicht werden.

Mit EBC-AgroBio und EBC-Agro zertifizierte Pflanzenkohlen erfüllen alle Vorgaben der neuen, zum Zeitpunkt der letzten Aktualisierung dieses Dokuments im Juni 2020 noch zur Verabschiedung vorliegenden EU-Düngemittel Verordnung [1]. Mehrere EU-Länder wie Österreich, Schweden und Ungarn haben in jeweils eignen Verordnungen den Einsatz von Pflanzenkohle nach den Vorgaben von EBC-Agro zugelassen, womit der Export und damit der Einsatz in allen anderen EU Ländern möglich ist. Für den landwirtschaftlichen Einsatz wiederum haben verschiedene EU und EFTA Ländern derzeit noch eigene Einschränkungen. So verlangt z.B. die Schweiz die Zertifizierung nach EBC-AgroBio, lässt aber nur holzige Biomassen als Feedstock für die Pyrolyse zu. Deutschland verlangt einen Kohlenstoffgehalt von 80% und lässt nur Pflanzenkohle aus Holz («Holzkohle») zu. Das EBC-AgroBio Zertifikat entspricht den Anforderungen der EU-Bioverordnung [2].

Das EBC-Material Zertifikat garantiert nachhaltig hergestellte Pflanzenkohlen, die ohne Gefahren für Umwelt und Anwender in industriellen Materialien wie Baustoffen, Kunststoffen, Elektronik oder Textilien eingesetzt werden können.

In den kommenden Jahren werden weitere spezifische EBC-Anwendungsklassen hinzukommen und die jeweiligen Vorgaben und Grenzwerte an neueste wissenschaftliche Erkenntnisse sowie an die Entwicklung der Europäischen Gesetzgebung angepasst.

Bei der Pyrolyse von nicht pflanzlichen Biomassen wie z.B. Klärschlamm, Viehmist, bestimmten Biogas-Gärresten oder Knochen entstehen ebenfalls wertvolle Rohstoffe, die im Sinne der Kreislaufwirtschaft und des Klimaschutzes eingesetzt werden könnten. Allerdings sind diese Ausgangsstoffe bisher nicht auf der EBC-Positivliste geführt und somit nicht Gegenstand der vorliegenden Richtlinien.

Sofern die europäischen Produzenten eine Zertifizierung von pyrolysiertem Klärschlamm wünschen, können sie einen Antrag auf Aufnahme von Klärschlamm auf die EBC-Positivliste stellen. Der Wissenschaftliche Beirat des EBC würde den Antrag eingehend prüfen und könnte daraufhin eine gesonderte EBC-Klasse für Klärschlamm-Pyrolysate und ähnliche nicht pflanzliche Biomassen einführen.

Mit dem vorliegenden Standard wird des Weiteren die Zertifizierung der Verarbeitung von EBC-zertifizierter Pflanzenkohle sowie der Handel mit diesen geregelt.

Zur Erlangung des EBC-Zertifikates müssen die in den folgenden Kapiteln dargelegten Kriterien bezüglich der eingesetzten Biomasse, der Produktionstechnik, den Eigenschaften der Pflanzenkohle, des Arbeitsschutzes sowie der Produktkennzeichnung erfüllt werden.

### 3. Eingesetzte Biomasse

- 3.1 Zur Herstellung von Pflanzenkohle dürfen ausschließlich pflanzliche Biomassen verwendet werden. Welche Biomassen je nach Anwendungsklasse zulässig sind, ergibt sich aus der EBC-Positivliste (Anhang 1).
- 3.2 Die saubere Trennung von nichtorganischen Fremdstoffen wie Metallen, Bauschutt, Elektronikschrott etc. muss gewährleistet sein.
- 3.3 Für die Herstellung von EBC-Feed und EBC-Agro Qualitäten dürfen die verwendeten Biomassen keine Farbreste, Lösungsmittel oder andere potentiell toxische Verunreinigungen aufweisen.
- 3.4 Für die Herstellung von EBC-Feed und EBC-Agro Qualitäten müssen Verunreinigungen der Biomassen durch mehr als 1 % (m/m) Plastik- und Gummiabfälle wirksam und sicher verhindert werden.  
Für die Herstellung von EBC-Material Qualität können Plastik- und Gummi-Anteile von bis zu 15% (m/m) akzeptiert werden, sofern diese Kontamination nicht bewusst herbeigeführt wurde, sondern es sich um einen verunreinigten Reststoffstrom handelt. Ab >1% Kunststoff-Anteil im Ausgangsmaterial muss dies deklariert werden («Pflanzenkohle aus mit Kunststoffen verunreinigter Biomasse») und bedarf der schriftlichen Genehmigung durch das Ithaka Institut. Das Ithaka Institut kann in diesem Fall zusätzlich Analysen des Ausgangsmaterials und der Pflanzenkohle anfordern, um die Unbedenklichkeit des Produktes und dessen Anwendung sicherzustellen.
- 3.5 Beim Einsatz von landwirtschaftlichen Primärprodukten (z.B. der Anbau von Biomasse für die Herstellung von Pflanzenkohle und Energie) muss eine nachhaltige Produktion der nachwachsenden Rohstoffe und der Erhalt des Humusgehalts des Bodens gewährleistet sein.
- 3.6 Pflanzenkohle darf nur dann aus Forstholz hergestellt werden, wenn eine nachhaltige Bewirtschaftung des entsprechenden Waldes durch PEFC oder FSC Zertifikate oder durch vergleichbare regionale Standards oder Gesetze nachgewiesen werden kann.
- 3.7 Mineralische Zusätze wie Gesteinsmehle und Aschen dürfen bis zu einer Menge von 10% (m/m) zur Lenkung der Pflanzenkohlequalität eingesetzt werden, sind aber deklarationspflichtig und die EBC kann zusätzliche Qualitätskontrollen hinsichtlich organischer und anorganischer Schadstoffe verlangen. Bei EBC-Futter sind keine mineralischen Zusätze zugelassen.
- 3.8 Die Eingangsbelege für die verarbeiteten Biomassen und Zuschlagsstoffe müssen vollständig vorliegen und für mindestens fünf Jahre archiviert werden.

## 4. Pflanzenkohle-Charge und deren Anmeldung

### **Als Definition einer einheitlichen Pflanzenkohle-Charge gilt:**

- 4.1 Jeder Produktionscharge muss auf der EBC-Webseite angemeldet werden. Hierbei wird von der EBC eine eindeutige ID-Nummer mit entsprechendem QR-Code für die Produktionscharge zugeteilt.
- 4.2 Eine Produktionscharge dauert inklusive jedweder Produktionsunterbrechung maximal 365 Tage.
- 4.3 Innerhalb der ersten 2 Monate nach Anmeldung einer Produktionscharge hat eine repräsentative Probenahme durch einen akkreditierten Probenehmer zu erfolgen.
- 4.4 Die Pyrolysetemperatur in °C darf sich während der Produktion um nicht mehr als 20% ändern. Bei einer deklarierten Pyrolysetemperatur von bspw. 600 °C sind damit kurzfristige Schwankungen zwischen 480 °C und 720 °C gestattet. Dokumentierte Produktionsunterbrechungen, geplant wie ungeplant, sind gestattet, sofern nach Wiederaufnahme der Produktion der festgelegte Temperaturbereich eingehalten wird. Pflanzenkohle aus der Anfahr- und Abschaltprozess der Anlage muss sorgfältig abgetrennt und dokumentiert werden und darf nicht als EBC-Futter oder EBC-Agro, wohl aber als EBC-Material vermarktet werden. Der genaue Umgang mit der Pflanzenkohle aus dem Anfahr- und Abschaltprozess wird im Betriebshandbuch geregelt.
- 4.5 Die Mischung verschiedener, in der EBC-Positivliste geführter Biomassearten, die für die Produktion einer Pflanzenkohle-Charge verwendet werden, darf sich nicht um mehr als um 20% verändern. Wird beispielsweise ein Gemisch aus 50% Getreidespelzen und 50% Landschaftspflegeholz pyrolysiert, dürfen die Anteile im Bereich 40% bis 60% ( $\pm(50\% \times 20\%) = \pm 10\%$ ) variieren.
- 4.6 Es muss ein vollständiges Produktionsprotokoll (vorliegen, in dem neben den Temperaturen und der Biomasse-Zusammensetzungen auch die genaue Beschreibung und Zeitpunkte eventueller Komplikationen bei der Herstellung, sowie jedweder Anlagenstillstand dokumentiert sind. Eine Vorlage des Produktionsprotokoll wird von der Kontrollstelle zur Verfügung gestellt und kann von der EBC-Webseite heruntergeladen werden.

- 4.7 Die Produktionsmengen jeder Charge müssen täglich dokumentiert werden.
- 4.8 Am letzten Produktionstag einer Charge müssen Datum und Uhrzeit des Endes einer Pflanzenkohle-Charge auf der EBC-Webseite gemeldet werden. Dabei muss auch die Gesamtproduktionsmenge der damit abgeschlossenen Pflanzenkohle-Charge gemeldet werden.
- 4.9 Produktionschargen können nicht rückwirkend angemeldet werden. Der Beginn einer Produktionscharge ist frühestens der Tag der Anmeldung auf der EBC-Webseite.

Sobald entweder Punkt 4.4 oder Punkt 4.5 nicht mehr erfüllt werden, gilt eine Produktionscharge als abgeschlossen. Es muss eine neue Produktionscharge mit den geänderten Parametern auf der EBC-Webseite angemeldet und ein Termin mit dem akkreditierten Probenehmer vereinbart werden. Der jährliche Kontrollbesuch findet unabhängig von der Anzahl der produzierten Chargen einmal pro Kalenderjahr statt.

## 5. Probenahme

### 5.1 Repräsentative Analyseprobe

Die Pflanzenkohle-Proben, die zur EBC-Analytik an das akkreditierte Labor eingesendet werden, müssen ab 1. Januar 2021 zwingend von einem akkreditierten Probenehmer durchgeführt werden. Der Probenahmeplan wird während des Erstaudits durch das Ithaka Institut erarbeitet, in einem Betriebshandbuch dokumentiert und vertraglich festgelegt. Der akkreditierte Probenehmer hat dabei dem betriebspezifischen Probenahmeplan zu folgen.

Die akkreditierte Kontrollstelle ist zudem jederzeit berechtigt, selbst und unangekündigt Pflanzenkohle- und Biomasseproben zu entnehmen und diese an ein akkreditiertes Labor oder an das Ithaka Institut zu senden.

*[Bis zum Stichtag der Umstellung auf die Probenahme durch einen akkreditierten Probenehmer (1. Januar 2021) gelten weiterhin die Methoden zur betriebsinternen Erstellung repräsentativer Proben (Anhang 4).]*

### 5.2 Einsendung der repräsentativen Probe

Ab 1. Januar 2021 werden die repräsentativen Analyseproben vom akkreditierten Probenehmer versiegelt und auf der EBC-Webseite angemeldet. Der Produzent sendet die versiegelte Probe an das von ihm ausgewählte EBC-akkreditierte Labor.

5.2.1. Das akkreditierte Labor sendet die Analyseergebnisse an den Betrieb und in Kopie an die akkreditierte Kontrollstelle und an das Ithaka Institut.

5.2.2. Das Ithaka Institut hat das Recht, die Analyseergebnisse anonymisiert für statistische Auswertungen zu verwenden.

Sofern bis Ende 2020 die repräsentative Analyseprobe noch betriebsintern erhoben wird, muss die repräsentative Analyseprobe spätestens drei Tage nach Anmeldung der Produktionscharge nach folgendem Vorgehen an ein EBC-akkreditierte Labor gesendet werden.

5.2.3. Die Anmeldung zur Einsendung der Analyseprobe erfolgt bei der Anmeldung einer neuen Produktionscharge auf der EBC-Webseite.

5.2.4. Als EBC-Analyseproben gelten nur diejenigen Proben, die über die EBC-Webseite angemeldet und denen so eine eindeutige ID-Nummer zugeteilt wurde.

### 5.3 Rückstellprobe

Zusätzlich zur EBC-Analyse-Probe sind die Hersteller verpflichtet, selbst Rückstellproben zu nehmen und diese für mindestens zwei Jahre aufzubewahren. Die genaue Vorschrift wird beim Erstaudit festgelegt. Sollte beim Erstaudit keine abweichendes Protokoll festgelegt werden, gilt:

Täglich ist eine frische Probe von einem Liter entweder aus dem Querstrom oder von der gesammelten Tagesproduktion zu entnehmen. Die Querstromprobe kann sowohl manuell als auch automatisiert aus der Tagesproduktion entnommen werden [20].

Der tägliche Entnahmezeitpunkt ist im Produktionsprotokoll einzutragen. Die Tagesproben sind für jeweils einen Monat in einem Probebehälter als Mischprobe zu sammeln. Nach einem Monat ist die Mischprobe zu versiegeln. Die nächsten 30 Querstromproben werden in einem neuen Probebehälter gesammelt, bis auch dieser versiegelt und gelagert wird.

Die monatliche Rückstellproben von mindestens 30 Litern müssen mindestens zwei Jahre trocken und geschützt aufbewahrt werden. Die Rückstellproben dienen insbesondere dem Schutz des Produzenten, um bei etwaigen Beanstandungen durch Behörden oder Kunden jeweils dezidiert nachweisen zu können, dass die entsprechende Pflanzenkohle nach der Produktion frei von Schadstoffen war und der durch das EBC-Zertifikat garantierten Qualität entsprach.

Zudem können die Rückstellproben zur Ermittlung des Schwundmasses für die Zertifizierung des EBC C-Senken Potentials herangezogen werden.

Beim Erstaudit können betriebsspezifische Vorschriften zur Erstellung und Lagerung der Rückstellproben festgelegt werden.

## 6. Eigenschaften der Pflanzenkohle

Ziel des EBC-Zertifikats ist es, die Einhaltung aller umweltrelevanten Grenzwerte zu garantieren sowie diejenigen Produkteigenschaften zu deklarieren, die für die jeweilige Anwendungsklasse relevant sind und mit vertretbarem finanziellen Aufwand analysiert werden können.

Es gäbe darüber hinaus noch zahlreiche weitere Analysemöglichkeiten, um Pflanzenkohle noch umfassender zu charakterisieren und klassifizieren. Allerdings würde dies den Kostenrahmen des EBC sprengen. Wir wollen nicht alles Mögliche, sondern nur alles Nötige analysieren, regeln und gewährleisten.

Die genannten Grenzwerte sind nur in Verbindung mit den zulässigen Prüfverfahren und zulässigen analytischen Methoden gültig. Diese sind für die einzelnen Parameter in den Anhängen 1-3 detailliert.

### 6.1 Der Gehalt an organischem Kohlenstoff ( $C_{org}$ ) der Pflanzenkohle muss deklariert werden.

Der Gehalt an organischem Kohlenstoff von Pflanzenkohlen schwankt je nach verwendeter Biomasse und Prozesstemperatur zwischen etwa 35 und 95% der Trockenmasse. So liegt z.B. der Kohlenstoffgehalt von pyrolysiertem Stroh meist zwischen 40 und 50% sowie der von Holz und Nussschalen zwischen 70 und 90%.

In früheren Versionen des EBC-Zertifikats galt für Pflanzenkohlen ein Grenzwert für den Gehalt an organischem Kohlenstoff von 50%. Alle unter diesem Grenzwert liegenden Pyrolyseprodukte galten unter der alten Definition als Pyrolysate (engl. PCM). Zahlreiche in den letzten Jahren veröffentlichte Fachartikel zeigen allerdings, dass der Kohlenstoffgehalt kein hinreichendes Kriterium für eine solche Unterscheidung darstellt. Gerade Pflanzenkohlen aus Ernteresten wie Stroh und Getreidehülsen zeigten sich für verschiedene landwirtschaftliche und industrielle Anwendungen als vorzüglich geeignet, obwohl der Kohlenstoffgehalt meist unter 50% liegt. Da die Nutzung von Ernteresten und sonstigen sekundären, pflanzlichen Biomassen sowohl für den Klimaschutz als auch für die Schließung der Nährstoffkreisläufe erstrebenswert ist, ist der frühere Grenzwert von 50% nicht mehr zeitgemäß. Pyrolysate, die aufgrund der zu ihrer Herstellung verwendeten nicht pflanzlichen Biomassen nicht als Pflanzenkohlen im Sinne des EBC gelten können, sind nicht mehr Gegenstand der EBC-Richtlinien.

### 6.2 Das molare H/C<sub>org</sub>-Verhältnis muss kleiner als 0,7 sein.

Aus dem molaren H/C<sub>org</sub>-Verhältnis lässt sich die Intensität der Pyrolyse und somit auch die Stabilität der Pflanzenkohle ableiten. Das Verhältnis gehört zu den wichtigsten Charakterisierungsmerkmalen von Pflanzenkohle und ist unablässig für die Bestimmung des C-Senken Potentials. Die Werte schwanken je nach Biomasse und Verfahren. Höhere Werte als 0,7 lassen auf minderwertige Kohlen und mangelhafte Pyrolyse-Verfahren schließen [3].

### 6.3. Das molare O/C<sub>org</sub>-Verhältnis muss kleiner als 0,4 sein.

Ergänzend zum molaren H/C<sub>org</sub>-Verhältnis ist auch das molare O/C<sub>org</sub>-Verhältnis für die Charakterisierung von Pflanzenkohle und ihre Unterscheidung zu anderen kohleartigen Produkten relevant [3]. Da die direkte Messung des O-Gehaltes teuer und derzeit nicht standardisiert ist, wird die Berechnung des O-Gehaltes aus dem C, H, N, S und Asche-Gehalt akzeptiert.

Durch Nachbehandlung der Pflanzenkohle sowie durch Ko-Pyrolyse mit oxidativen oder katalytisch wirkenden Zusatzstoffen kann das O/C<sub>org</sub>-Verhältnis teils auch über 0,4 liegen. In diesem Fall würde die EBC eine Plausibilitätsprüfung durchführen und eine entsprechende Ausnahmegewilligung erteilen, sofern Produktqualität und Umweltschutz gewährleistet sind.

### 6.4 Flüchtige Organische Verbindungen (VOC) werden durch TGA bestimmt.

Während des Pyrolyseprozesses werden polyaromatische Kohlenstoffverbindungen, Karbonate und eine Vielzahl flüchtiger organischer Verbindungen produziert. Letztere sind hauptsächlich im Pyrolysegas enthalten, welches teilweise an den Oberflächen und in den Poren der Pflanzenkohle kondensiert. Diese aus dem Pyrolysegas kondensierten VOC sind ein essentieller Bestandteil von Pflanzenkohle und für verschiedene Funktionen der Pflanzenkohle von Bedeutung.

Eine quantitative Bestimmung der VOC ist allerdings nicht mit vertretbarem Aufwand durchzuführen. Es ist jedoch bekannt, in welchem Temperaturbereich mit welcher Art von VOC zu rechnen ist. Zur unabhängigen Abschätzung der realen Pyrolysetemperatur, die aus verschiedenen Gründen von der am Reaktor gemessenen Temperatur abweichen kann, wird eine Thermogravimetrische Analyse (TGA) verwendet, bei der durch schrittweise Temperaturerhöhung unter Luftabschluss der Gewichtsverlust durch das Austreiben flüchtiger Verbindungen der Pflanzenkohle bestimmt wird. Anhand des TGA Diagramms kann sowohl der absolute Gehalt an VOC sowie die Temperatur bestimmt werden, derer die Pflanzenkohle während der Pyrolyse maximal ausgesetzt war.

Der VOC Gehalt und deren Temperatur abhängige Entgasung sind somit vor allem ein wichtiges Kriterium für die Beurteilung des Pyrolyseprozesses. Aus diesem Grund wird es als

ausreichend erachtet, wenn die TGA-Analyse nur im ersten Kontrolljahr einer Produktionsstätte durchgeführt wird.

**6.5 Die Nährstoffgehalte der Pflanzenkohle müssen zumindest für die Elemente Stickstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium und Kalzium deklariert werden.**

Die Schwankungen der Nährstoffgehalte verschiedener Pflanzenkohlen können sehr hoch sein. Die Nährstoffen können bis zu einem Drittel des Gesamtgewichts ausmachen. Es ist zu beachten, dass diese Nährstoffe aufgrund chemischer oder kovalenter Bindungen (v.a. bei Stickstoff) und/oder der hohen Adsorptionskapazität der Pflanzenkohle nur bedingt pflanzenverfügbar sind und möglicherweise nur über Jahrzehnte wieder in den biologischen Kreislauf eingebunden werden. So liegt die Nährstoffverfügbarkeit von Pflanzenkohle-Phosphor im ersten Jahr bei rund 15% und die von Stickstoff bei nur 1%, während Kalium bis zu 50% pflanzenverfügbar ist [4].

Für den Einsatz in der Landwirtschaft und Tierhaltung ist die Angabe dieser Nährstoffgehalte gesetzlich vorgeschrieben. Für EBC-Material sind die Nährstoffgehalte in der Regel weniger relevant, können aber je nach Anwendung gerade bei höheren Gehalten an Kalzium, Kalium und Magnesium die Materialeigenschaften beeinflussen, weshalb die Deklaration der Nährstoffgehalte auch für EBC-Material verpflichtend ist.

**6.6 Die Grenzwerte für Schwermetalle dürfen nicht überschritten werden.**

Die folgenden Höchstwerte für Schwermetallgehalte orientieren sich für EBC-Agro an der deutschen Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV [5]), für EBC-BioAgro an den Grenzwerten für Kompost der EU-Bioverordnung [2], für EBC-Material an der Schweizerischen Abfallverordnung für Abfälle zur Herstellung von Zement und Beton (VVEA, Anhang 1.4; [6]).

Für EBC-Feed gelten zusätzliche Parameter und Methoden, die in Kapitel 9 dargelegt werden.

Die Grenzwerte sind jeweils auf die Trockenmasse (TM) der Pflanzenkohle bezogen:

Tab. 1: Grenzwerte für Schwermetalle nach EBC-Anwendungsklassen.

	EBC-Feed	EBC-AgroBio	EBC-Agro	EBC-Material
Pb	10 g t <sup>-1</sup> (88%TS)	45 g t <sup>-1</sup> TM	150 g t <sup>-1</sup> TS	250 g t <sup>-1</sup> TS
Cd	1 g t <sup>-1</sup> (88% TS)	0.7 g t <sup>-1</sup> TM	1,5 g t <sup>-1</sup> TS	5 g t <sup>-1</sup> TS
Cu	100 g t <sup>-1</sup> TS	70 g t <sup>-1</sup> TM	100 g t <sup>-1</sup> TS	250 g t <sup>-1</sup> TS

Ni	30 g t <sup>-1</sup> TS	25 g t <sup>-1</sup> TM	50 g t <sup>-1</sup> TS	250 g t <sup>-1</sup> TS
Hg	0.1 g t <sup>-1</sup> (88% TS)	0.4 g t <sup>-1</sup> TM	1 g t <sup>-1</sup> TS	1 g t <sup>-1</sup> TS
Zn	400 g t <sup>-1</sup> TS	200 g t <sup>-1</sup> TM	400 g t <sup>-1</sup> TS	750 g t <sup>-1</sup> TS
Cr	80 g t <sup>-1</sup> TS	70 g t <sup>-1</sup> TM	90 g t <sup>-1</sup> TS	250 g t <sup>-1</sup> TS
As	2 g t <sup>-1</sup> (88% TS)	13 g t <sup>-1</sup> TM	13 g t <sup>-1</sup> TS	15 g t <sup>-1</sup> TS

*Schwermetalle sind essentieller Bestandteil aller Ökosysteme. Auch in natürlichen, von menschlichen Aktivitäten kaum beeinflussten Böden nimmt jedwede Pflanze über 50 geogene Elemente des Periodensystems auf und darunter befinden sich alle wesentlichen Schwermetalle. Kritisch sind Schwermetalle nur dann, wenn deren Konzentration zu hoch ist, weshalb je nach Anwendungsart die in Tabelle 1 verzeichneten Grenzwerte festgelegt wurden.*

Ausser einigen wenigen Schwermetallen, die bei den vorherrschenden Pyrolysetemperaturen flüchtig oder halb-flüchtig sind (z.B. Quecksilber), bleibt die gesamte Menge an Schwermetallen, die ursprünglich in der Biomasse enthalten waren, in der Pflanzenkohle erhalten. Da sich während der Pyrolyse aber das Gewicht der ursprünglichen Biomasse durch den Verlust vor allem an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff um über 50% reduziert, führt der gleichzeitige Erhalt der Schwermetalle zu deren Aufkonzentrierung, so dass der prozentuale Gehalt in der Pflanzenkohle höher als im Ausgangsmaterial ist. Sofern die Biomasse nicht auf kontaminierten Böden aufwuchs oder durch externe Behandlung (z.B. Kupferspritzung im Weinbau) oder Verunreinigung (z.B. bleihaltige Farben) erhöhte Schwermetallgehalte aufweist, ist die Aufkonzentrierung durch die Pyrolyse jedoch als unkritisch zu betrachten. Schwermetallgehalte jenseits der Grenzwerte weisen also vor allem auf die Kontaminierung der verwendeten Biomassen hin. Damit ist die Quantifizierung der Schwermetallgehalte eine zusätzliche Kontrolle der Biomassequalität. Werden die Grenzwerte für EBC-Material überschritten, muss die so kontaminierte Pflanzenkohle derzeit entsorgt werden.

Bei Anwendungen in der Industrie, wie z.B. als Additiv bei der Herstellung von Kunststoffen oder Baumaterialien, ist das Risiko einer Auswaschung der Schwermetalle in die Umwelt oder einer Schädigung von Benutzern dieser Industriematerialien in der Regel sehr gering. Aus diesem Grund können in einem ersten Schritt vorsichtig höhere Grenzwerte für diese Anwendungsfälle angesetzt werden. Wir rechnen damit, in Zukunft weitere anwendungsspezifische EBC-Grenzwerte festzulegen. So werden zum Beispiel bei der Verwendung der Pflanzenkohle in Textilien andere Grenzwerte als bei der Verwendung in Asphalt anzusetzen sein, was jedoch zum jetzigen Zeitpunkt der industriellen Entwicklung noch nicht sinnvoll durch das EBC abgedeckt werden kann. Allerdings obliegt es bereits heute der Pflicht der industriellen Anwender, die jeweiligen Grenzwerte ihrer Branche

einzuhalten. Zudem werden alle industriellen Anwender aufgefordert, eine sorgfältige Betrachtung über das Ende des Lebenszyklus ihrer Industriematerialien vorzunehmen, um zu verhindern, dass Schadstoffe in die Umwelt gelangen.

#### **6.7 pH-Wert, Schüttdichte und Wassergehalt müssen deklariert werden.**

Der pH-Wert der Pflanzenkohle ist ein wichtiges Kriterium für den gezielten Einsatz sowohl in Substraten als auch zur Nährstofffixierung bei der Tierhaltung und ebenso in industriellen Produkten.

Schüttdichte (bezogen auf Trockensubstanz) und Wassergehalt sind notwendige Angaben für den Handel mit Pflanzenkohle sowie für die Herstellung gleichbleibender Substratmischungen.

#### **6.8 Die Ermittlung des Wasserhaltevermögens (WHC) wird empfohlen.**

Das Wasserhaltevermögen (WHC) liefert einen Richtwert für die Mischung mit Flüssigkeiten und die Wirksamkeit für die Erhöhung des Wasserspeichervermögens von Böden oder für die Feuchtigkeitsaufnahme und -pufferung von Pflanzenkohle-basierten Baumaterialien. Die Analyse des Wasserhaltevermögens wird daher als Zusatzparameter empfohlen.

#### **6.9 Spezifische Oberfläche muss deklariert werden, Porengrößenverteilung wird als Zusatzparameter empfohlen.**

Die spezifische Oberfläche nach BET ist ein wichtiges Charakterisierungs- und Vergleichskriterium für die physikalische Struktur von Pflanzenkohle. Allerdings ist hierbei zu beachten, dass jedes Messverfahren nur einen spezifischen Teil der Oberfläche misst. Weiterhin ist es auch noch nicht möglich, zu definieren, welcher Teil der gemessenen Oberfläche z.B. für die Benetzung mit Wasser oder zur Ansiedlung von Mikroorganismen zur Verfügung steht. Damit ist die BET-Oberfläche als relativer Wert zu betrachten, welcher eine Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Pflanzenkohlen ermöglicht. Für eine genauere Evaluierung der Poren- und damit der Materialeigenschaften von Pflanzenkohlen bräuchte es insbesondere Daten zur Porengrößenverteilung, was jedoch den Kostenrahmen des EBC sprengen würde. Aus diesem Grund wird die Messung der Porengrößenverteilung als Zusatzparameter empfohlen.

#### **6.10 Grenzwerte für PAK-Gehalte (Summe der 16 Leitverbindungen der EPA) dürfen nicht überschritten werden.**

Bei der Pyrolyse von organischen Materialien entstehen polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK). Die Menge der entstehenden PAK hängt insbesondere von den Prozessbedingungen, aber innerhalb der EBC-Positivliste kaum von der Auswahl der Biomasse ab. Dank der modernen Pyrolysetechnik können die PAK-Belastungen deutlich gesenkt werden. Hohe PAK-Belastungen sind ein Zeichen für unzureichende bzw. ungeeignete Prozessbedingungen [7].

PAK werden von Pflanzenkohle sehr effizient gebunden, weshalb man Pflanzenkohle unter anderem zur Immobilisierung von PAK in kontaminierten Böden verwendet [8]. Vermutlich wäre daher auch das Risiko einer Schädigung von Umwelt und Anwendern als durchaus gering zu erachten, wenn die PAK-Grenzwerte für Pflanzenkohle höher als für andere organische Substrate wie Kompost oder Biogasgülle angesetzt werden würden. Wie aber u.a. von Hilber et al. 2019 [9] gezeigt wurde, können PAK von Pflanzenkohlen unter bestimmten Umständen durchaus in organischen Systemen wie z.B. einem Rinderpansen von der Pflanzenkohle abgelöst werden und somit das biologische System beeinträchtigen. Aus Gründen des Vorsorgeprinzips und der Anpassung an bereits bestehende Verordnungen für andere Substrate und Materialien in der Landwirtschaft und Industrie, orientieren sich die EBC-Grenzwerte für die verschiedenen Anwendungsklassen daher an den bereits bestehenden gesetzlichen Regelungen für vergleichbare Materialien.

Sowohl nach der schweizerischen Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV [10]) als auch nach der EU-Bioverordnung [2] gilt für die 16 EPA-PAK ein Grenzwert von  $4 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TM}$ , welcher somit auch als Grenzwert für EBC-AgroBio festgelegt wird.

Im Entwurf der neuen EU-Düngemittel-Verordnung wurde für die 16 EPA-PAK ein Grenzwert von  $6 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TM}$  festgelegt. Ab 2021 wird dieser Grenzwert für EBC-Agro gelten. Für das Zertifizierungsjahr 2020 wurde als Übergangsregelung für EBC-Agro entschieden, noch den bisherigen Grenzwert für die ehemalige Qualitätsstufe *basic* von  $12 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TM}$  für EBC-Agro anzusetzen. Dieser Grenzwert orientierte sich in Abwesenheit sonstiger gesetzlicher Regelungen an einem Wert, der nach dem damaligen und derzeitigen Kenntnisstand das Risiko für den Boden und die Anwender als äußerst gering einstufen ließ.

Für EBC-Futter müssen mindestens die PAK-Grenzwerte von EBC-AgroBio eingehalten werden, zusätzlich gelten hinsichtlich wie im Kapitel 9 dar- und festgelegt die Vorgaben der EU-Futtermittel Verordnung.

Für EBC-Material wird ein Grenzwert von  $30 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TM}$  eingeführt. Dieser Grenzwert orientiert sich insbesondere daran, was ohne besondere Schutzvorkehrungen wie Schutzkleidung, Verpackung, Lagerentlüftung usw. als ungefährlich für die mit diesen Stoffen umgehenden MitarbeiterInnen einzuschätzen ist. Der gleiche Grenzwert gilt aus ähnlichen Erwägungen für die deutsche Deponieverordnung, welche es zulässt, Reststoffe mit weniger als  $30 \text{ mg 16 EPA PAK pro kg TM}$  ohne besondere Schutzmaßnahmen oberflächlich zu deponieren [11].

Bei entsprechenden Schutzmaßnahmen könnten Pflanzenkohlen auch mit deutlich höheren PAK-Gehalten zum Beispiel in Asphalt oder im Tiefbau eingesetzt werden, was zu gegebenem Zeitpunkt entschieden und später in die EBC-Richtlinien für Spezialmaterialien aufgenommen werden wird. Momentan gibt es keine Veranlassung, Pflanzenkohle mit höheren PAK-Gehalten für die Anwendungspraxis zuzulassen. Es bestehen im Übrigen keine grundsätzlichen technischen Probleme, Pyrolyseanlagen so anzupassen und einzustellen, dass der Grenzwert von  $30 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TM}$  erreichbar ist.

Es ist zu beachten, dass aufgrund der hohen Adsorptionskraft der Pflanzenkohle die meisten zum Beispiel für Böden verwendeten Methoden zur Analyse von PAK nicht für Pflanzenkohle geeignet sind [12]. Daher wird unbedingt empfohlen, auch PAK-Analysen, die unabhängig von der Zertifizierung durchgeführt werden, ausschließlich durch EBC-akkreditierte Labors durchführen zu lassen.

Bei den sehr niedrigen Grenzwerten für EBC-Futter und EBC-AgroBio lässt sich eine analytische Genauigkeit von nur 50% erreichen, bei dem höheren Grenzwert für EBC-Agro von 40%. Aus diesem Grund wird der Grenzwert mit  $4 \pm 2 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TM}$  angegeben, jener für EBC-Agro mit  $6.0 \pm 2.2 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TM}$ . Grundsätzlich ist zu bemerken, dass es bei einer so geringen analytischen Genauigkeit von 50% nicht als sinnvoll zu erachten ist, zwei so nah beieinanderliegende Grenzwerte festzulegen. Im Grunde lassen sich die PAK-Konzentrationen in diesem engen Bereich nicht unterscheiden. Die EBC folgt hier den verschiedenen EU-Verordnungen für die biologische und konventionelle Landwirtschaft und kann nur die EU-Verantwortlichen aufrufen, den Grenzwert zu vereinheitlichen.

#### **6.11 Die Grenzwerte für PCB, PCDD/F müssen eingehalten werden.**

In modernen Pyrolyseanlagen entstehen bei der Pyrolyse von Biomassen gemäß Positivliste nur sehr geringe Mengen an PCB, polychlorierten Dibenzop-Dioxinen und -Furanen [13], so dass eine einmalige Kontrolle pro Anlage als ausreichend zu bewerten ist. Diese Schadstoffgehalte sind hauptsächlich vom Chlorgehalt der pyrolysierten Biomasse abhängig. Alle auf der Positivliste autorisierten Biomassen haben einen geringen Chlorgehalt und lassen bei der Pyrolyse nur äußerst geringe Gehalte dieser organischen Schadstoffe erwarten, die um mehrere Potenzen unterhalb des Grenzwertes liegen. Sollte die Kontrollstelle des EBC das Risiko einer Chlorbelastung der Ausgangsbiomassen für relevant halten, können zusätzliche Dioxinanalysen verlangt werden. Letzteres gilt insbesondere für EBC-Material, wo es zu Verunreinigungen mit chlorhaltigen Kunststoffresten kommen kann. Die Grenzwerte orientieren sich an den in Deutschland und in der Schweiz geltenden Bodenschutzverordnungen [16-18]. Für EBC-Material wurden zunächst keine unterschiedlichen Grenzwerte eingeführt, da es hier bisher an einer belastbaren Risikobeurteilung mangelt.

## 7. Pyrolysetechnik

### 7.1 Die Biomassepyrolyse muss energieeffizient betrieben werden.

Eine externe Reaktorbeheizung mit fossilen Brennstoffen ist mit Ausnahme der Vorbeheizung des Pyrolysereaktors untersagt. Die Nutzung von Abwärme anderer industrieller Prozesse wie z.B. Biogasherstellung oder Zementherstellung oder die Nutzung von Solarthermie ist gestattet. Bei elektrischer Beheizung des Pyrolyse-Reaktors sollte für die Nutzung von erneuerbaren Energien gesorgt werden..

### 7.2 Die bei der Pyrolyse entstehenden Synthesegase müssen abgefangen werden und dürfen nicht in die Atmosphäre entweichen.

Der überwiegende Teil der weltweit produzierten Holz- und Pflanzenkohle wird nach wie vor mit einer Technik hergestellt [14], bei welcher der größte Teil des Kohlenstoffs der ursprünglichen Biomasse als Klimagase in die Atmosphäre entweicht. Selbst wenn die Qualität der so hergestellten Pflanzenkohle die EBC Kriterien erfüllen könnte, so sind die Umweltbelastungen dieser Produktionsform schwerwiegend.

Werden die Pyrolysegase hingegen direkt zur Wärmenutzung sauber abgebrannt oder zur weiteren Verwertung als Treibstoffe oder chemische Rohstoffe abgeschieden, ist die Umweltbelastung gering und sogar deutlich besser als bei der Biomasseverbrennung oder Kompostierung. Nach den EBC Richtlinien ist die Pflanzenkohleherstellung nur dann gestattet, wenn keine unverbrannten Pyrolysegase in die Atmosphäre entweichen.

### 7.3 Bei der Verbrennung von Pyrolysegasen müssen die national geltenden Emissionsgrenzwerte für entsprechende Feuerungsanlagen eingehalten werden.

Die Emissionsgrenzwerte und -vorschriften sind in den verschiedenen Ländern jeweils unterschiedlich geregelt. Eine darüberhinausgehende Festlegung von Emissionsgrenzwerten für Pyrolyseanlagen würde die Zweck- und Verhältnismässigkeit der vorliegenden Richtlinien überschreiten. Die Hersteller müssen garantieren, dass ihre Anlagen die jeweiligen nationalen Emissionsvorschriften einhalten. Eine jährliche, staatlich akkreditierte Emissionsmessung der Produktionsanlage ist erwünscht.

Zur Zertifizierung des C-Senken-Wertes von Pflanzenkohle muss die Produktionsanlage eine EBC-Typenzertifizierung vorweisen (siehe Richtlinien für die Zertifizierung des C-Senken Potentials) oder mindestens drei unabhängige, akkreditierte Emissionsmessungen inklusive der Methan- oder Kohlenwasserstoffgehalte im Abgasstrom vorliegen.

#### **7.4 Die Abwärme der Pyrolyseanlage muss genutzt werden.**

Etwa 35 – 60% der in der Biomasse enthaltenen Energie findet sich nach dem Pyrolyseprozess im Pyrolysegas wieder. Ein Teil der Verbrennungsenergie des Pyrolysegases wird in der Regel zur Erwärmung der Biomasse verwendet, die darüber hinaus entstehende Abwärme muss zu mindestens 70% zum Trocknen von Biomasse, Heizzwecken, zur Stromherstellung oder auf ähnliche Weise genutzt werden. Für eine Übergangszeit von maximal 3 Jahren nach Installation der Pyrolyseanlage kann eine Ausnahmegenehmigung für eine fehlende Abwärmenutzung beantragt werden, um in dieser Zeit eine Lösung für eine effiziente Abwärmenutzung zu entwickeln. Alternativ können Bioöl und Pyrolysegase auch gespeichert und einer anderweitigen energetischen oder stofflichen Nutzung zugeführt werden.

## 8. Arbeitsschutz

8.1 Brand- und Staubschutzvorschriften müssen in der gesamten Herstellungs-, Transport- und Anwenderkette eingehalten werden.

8.2 Alle ArbeiterInnen müssen schriftlich über mögliche Risiken und Gefahren des Produktionsprozesses aufgeklärt werden und dies entsprechend signieren. Im Besonderen betrifft dies die Selbstentzündlichkeit von Kohlestaub, Atemschutz, Kontakt mit Bioöl und Teeren sowie möglicher Gasaustritt.

8.3 Bei Transport und Schüttgutumladung muss auf ausreichende Feuchtigkeit der Pflanzkohle zur Verhinderung von Staubentwicklung geachtet werden.

8.4 Mitarbeitende sind auf der Anlage mit geeigneter Schutzkleidung und Atemschutzmasken auszustatten.

## 9. Pflanzenkohle für den Einsatz in der Tierfütterung (EBC-Futter)

Pflanzenkohle ist ein traditioneller Futterzusatzstoff, der häufig bei Verdauungsstörungen von Nutztieren eingesetzt wurde. Erst seit einigen Jahren wird Pflanzenkohle vermehrt auch im täglichen Mischfutter eingesetzt. Der Einsatz von Pflanzenkohle als Futtermittel ist nach der EU-Futtermittelverordnung [15] zugelassen. Die Listung als Einzelfuttermittel in der deutschen Positivliste steht noch aus [16]. Entsprechend der Richtlinie 2002/32/EG vom 7. Mai 2002 über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung [17] sowie der Verordnung (EG) Nr. 396/2005 über Pestizid-Rückstände [18] gelten für den Einsatz von Pflanzenkohle als Futtermittel gegenüber dem Einsatz als Bodenzusatz andere bzw. zusätzliche Grenzwerte. Im Folgenden werden die zusätzlich zu EBC-AgroBio zu erhebenden Parameter für die EBC-Zertifizierung von Pflanzenkohle als Tierfuttermittel spezifiziert.

Die jeweils zulässigen Prüfverfahren sowie die analytischen Methoden für die einzelnen Parameter sind in Kapitel 14 detailliert.

### 9.1 Vorbedingung - EBC-AgroBio Qualität

Pflanzenkohle kann nur dann als EBC-Futter zertifiziert werden, sofern sämtliche Bedingungen für EBC-AgroBio Qualität erfüllt sind und der Produktionsstandort entsprechend zertifiziert wurde.

### 9.2 Biomasse – nur rein pflanzliche und naturbelassene Biomassen sind zulässig

Bei der Einführung des EBC-Futter Zertifikats war zunächst nur naturbelassenes Stammholz als Ausgangsmaterial für Futterkohle zugelassen. Mittlerweile sind allerdings hinreichend viele wissenschaftliche Studien veröffentlicht worden [19], welche zeigen, dass Pflanzenkohlen, die aus anderen rein pflanzlichen Ausgangsmaterialien hergestellt wurden, ebenso positive Auswirkungen auf die Futtereffizienz und Tiergesundheit erzielten wie traditionelle Holzkohlen. Aus diesem Grund sind nunmehr sämtliche rein pflanzliche Biomassen entsprechend der EBC-Positivliste für die Herstellung von EBC-Futterkohle zugelassen. Mineralische Additive sind nicht gestattet. Damit entfällt die Festlegung eines Grenzwertes für den Kohlenstoffgehalt. Mineralische Additive sind nicht gestattet.

### 9.3 Schwermetalle

Nach der EU Futtermittelverordnung müssen die Gehalte der Schwermetalle Arsen, Blei, Cadmium und Quecksilber angegeben werden. Deren Grenzwerte unterscheiden sich für Futtermittel von denen für EBC-AgroBio. Für den Einsatz von Pflanzenkohle als Futtermittel

gelten folgende Grenzwerte auf einer Basis von 88% des Gehalts an Trockensubstanz (88% TS) der Pflanzenkohle: Arsen: 2 mg kg<sup>-1</sup>, Blei: 10 mg kg<sup>-1</sup>, Cadmium 1 mg kg<sup>-1</sup> und Quecksilber: 0.1 mg kg<sup>-1</sup>.

#### **9.4 Benzo[a] pyren < 25 µg/kg**

Zusätzlich zu den PAK-Grenzwerten für EBC-AgroBio (4 mg PAK16 kg<sup>-1</sup>), gilt für Pflanzenkohle für die Tierfütterung der spezifische Referenz-Grenzwert für karzinogene PAKs von 25 µg/kg Benzo[a]pyren bei 88% TS.

#### **9.5 Dioxine, Furane, Dioxin ähnliche PCB (WHO-PCB) und nicht Dioxin ähnliche PCB (DIN-PCB).**

Die EU Futtermittelverordnung schreibt strenge Grenzwerte für polychlorierte-Dioxine, -Furane und PCB vor, die deutlich unterhalb der Grenzwerte der Bodenschutzverordnung liegen. Aus diesem Grund muss (1) jede Charge von Pflanzenkohlen für Futtermittel auf diese Stoffe analysiert werden, und (2) muss das zulässige Prüfverfahren eine niedrigere Nachweisgrenze aufweisen. Es gelten hier folglich spezielle Prüfverfahren und Grenzwerte für Pflanzenkohle zum Einsatz als Futtermittel.

Für PCDD/PCDF gilt ein Auslösewert von 0,5 ng TE kg<sup>-1</sup> bei 88% TS und ein Grenzwert von 0,75 ng TE kg<sup>-1</sup> bei 88% TS. Für dl-PCB gilt ein Auslösewert von 0,35 ng TE kg<sup>-1</sup> bei 88% TS. Für PCDD/PCDF + dl-PCB gilt der Grenzwert 1,25 ng TE kg<sup>-1</sup> bei 88% TS. Für die Summe 6 der DIN PCB gilt ein Grenzwert von 10 ng TE kg<sup>-1</sup> bei 88% TS.

#### **9.6 Fluor < 150 mg kg<sup>-1</sup> (88% TS)**

Fluorsalze sind bei Pyrolysebedingungen in der Regel flüchtig und werden in Pflanzenkohlen kaum in nennenswerten Konzentrationen auftreten. Aufgrund der EU Futtermittelverordnung ist die Analyse jedoch standardmässig vorgeschrieben.

#### **9.7 Trockensubstanz, Rohasche, Salzsäureunlösliche Asche**

Die Angabe von Trockensubstanz, Rohaschegehalt und HCl-unlöslicher Asche sind vorgeschriebene Standardwerte der EU Futtermittelverordnung und müssen auf dem Lieferschein angegeben werden. Der Gehalt der Aschen muss durch Verbrennung bei 550°C ermittelt und auf einer Basis von 88% Trockensubstanzgehalt angegeben werden.

#### **9.8 Rohprotein, Rohfaser, Rohfett**

Die Angabe der Rohprotein-, Rohfaser- und Rohfettgehalte sind vorgeschriebene Standardwerte der Futtermittelverordnung. Rohprotein, Rohfaser und Rohfett werden im Verlauf der vollständigen Pyrolyse komplett zersetzt und sind folglich in Pflanzenkohle nicht mehr vorhanden. Eine Pflanzenkohle gilt als vollständig pyrolysiert, sofern das H/Corg < 0.7 ist. Ist das H/Corg- Verhältnis nach EBC-AgroBio Qualität kleiner als 0,7, erübrigt sich die

Analyse von Rohprotein, Rohfaser und Rohfett, deren Gehalte dann per Definition als  $0 \text{ g kg}^{-1}$  angegeben werden. Die Angaben sind verpflichtend und müssen dem Lieferschein beigelegt werden.

## 10. Zertifizierung von Pflanzenkohle verarbeitenden Betrieben

In der Landwirtschaft und Tierhaltung wird Pflanzenkohle nur in seltenen Fällen in Reinform, sondern meist als verarbeitetes Produkt wie beispielsweise als Pflanzsubstrat, Kompost, Dünger, Einstreu, Silierhilfe oder Futtermittel eingesetzt. Neben den Industriebetrieben, die sich auf die Herstellung von Pflanzenkohle spezialisiert haben, hat sich ein wachsender Wirtschaftszweig entwickelt, der Pflanzenkohle als Rohstoff zur Herstellung von Pflanzenkohle basierten Produkten erwirbt und weiterverarbeitet.

Um zu garantieren und ordnungsgemäß zu kennzeichnen, dass diese Produkte unter Verwendung von EBC zertifizierter Pflanzenkohle hergestellt wurden, genügt es nicht, nur die Pflanzenkohle an sich zu zertifizieren, sondern es müssen auch die Verarbeitung, die Verpackung und die Kennzeichnung der Produkte nach EBC Richtlinien kontrolliert und zertifiziert werden.

Produkte, die Pflanzenkohle enthalten, dürfen nur dann das EBC Logo sowie die Aufschrift „Hergestellt mit EBC zertifizierter Pflanzenkohle“ bzw. „Hergestellt mit EBC zertifizierter Pflanzenkohle“ verwenden, wenn die verarbeitenden Betriebe und deren Produkte nach den folgenden Richtlinien zertifiziert wurden.

### 10.1 Ausschließliche Verwendung EBC zertifizierter Pflanzenkohle

Die Risiken des Einsatzes nicht zertifizierter Pflanzenkohlen in der Landwirtschaft, in der Tierhaltung und in Produkten, die wie Kompost oder Biogasgülle letztlich für den landwirtschaftlichen Einsatz bestimmt sind, werden als sehr hoch eingestuft, da in diesem Fall Schadstoffe wie insbesondere PAK, aber auch Dioxine und Schwermetalle in die menschliche Nahrungskette gelangen und sich dauerhaft in Böden akkumulieren könnten.

Aus diesem Grund dürfen Produkte, die unter Verwendung von Pflanzenkohle hergestellt wurden, nur dann EBC zertifiziert werden, wenn der gesamte Betrieb, welcher Pflanzenkohle verarbeitet, ausschließlich EBC zertifizierte Pflanzenkohle für die Herstellung von Produkten für den Einsatz in der Landwirtschaft oder Tierhaltung verwendet.

Nicht EBC-zertifizierte Pflanzenkohle darf z.B. zur Produktentwicklung mittels einer befristeten EBC-Ausnahmebewilligung für industrielle Verwendungszwecke wie z.B. in Baumaterialien und Kunststoffen oder als Grillkohle auf dem Betrieb verarbeitet werden, sofern die räumliche Trennung von zertifizierten Pflanzenkohlen sowie der Anwenderschutz sichergestellt sind. Ohne EBC-Ausnahmebewilligung darf auf dem Betrieb keine nicht EBC zertifizierte Pflanzenkohle verwendet, gelagert und gehandelt werden.

## **10.2. Wareneingangskontrolle**

Sämtliche Wareneingänge von Pflanzenkohle oder Pflanzenkohle basierten Produkten müssen auf den entsprechenden Lieferscheinen und Etiketten das jeweilige EBC-Zertifikat (EBC-AgroBio, EBC-Agro, EBC-Futter oder EBC-Material) ausweisen. Die Wareneingangskontrolle ist zu dokumentieren. Nicht gekennzeichnete Pflanzenkohle und Pflanzenkohle basierte Produkte dürfen ohne Ausnahmegenehmigung (vgl. 10.1) nicht angenommen werden.

## **10.3 Lagerung**

Pflanzenkohle und Pflanzenkohle basierte Produkte müssen so gelagert werden, dass es zu keinen Verunreinigungen mit Fremdstoffen kommen kann. Hierbei ist insbesondere auch auf gasförmige Schadstoffe (z.B. Motorenabgase) zu achten, da diese von der Pflanzenkohle absorbiert werden können. Es ist sicher zu stellen, dass weder unterschiedliche EBC-Qualitäten (EBC-AgroBio, EBC-Agro, EBC-Futter oder EBC-Material) noch unterschiedliche Chargen verschiedener oder gleicher Hersteller vermischt werden können. Die Qualität und Herkunft gelagerter Pflanzenkohle muss gut sichtbar mit einer eindeutigen und nachvollziehbaren Identifikationsnummer und Bezeichnung ausgewiesen werden.

## **10.4 Verarbeitungsjournal**

Jeder Verarbeitungsschritt von Pflanzenkohle und Pflanzenkohle basierten Produkten muss nachvollziehbar in einem Verarbeitungsprotokoll dokumentiert werden. Hierbei sind die Menge und Qualität der jeweils verwendeten Pflanzenkohle sowie die Menge an Pflanzenkohle im Endprodukt aufzuführen.

Werden die Pflanzenkohlen oder Pflanzenkohle basierten Produkte lediglich umverpackt, unterverpackt oder umetikettiert muss ein ebensolches Verarbeitungsjournal über Menge und Qualität der Ausgangsstoffe sowie der Endprodukte geführt werden.

Eine Warenflusskontrolle (Abgleich von Wareneingang, Verarbeitung und Warenausgang) muss jederzeit möglich sein.

# 11. Kennzeichnungspflichten und Werbung mit EBC-Zertifizierung

## 11.1 Markenschutz und Pflichtangaben

### 11.1.1 Eingetragene Marken

Die Foundation Ithaka Institute hat am 24. Mai 2019 die folgenden Unionsmarken angemeldet:

(1) Unionsgewährleistungsmarke Nr. 018071838 «EBC» (**Wortmarke**) und

(2) Unionsgewährleistungsmarke Nr. 018071835 «Certified Biochar EBC European Biochar Certificate (EBC)» (**Bildmarke**), Wiedergabe:



(im Folgenden "Unionsmarken" genannt).

Die Unionsmarken wurden jeweils für folgendes Verzeichnis angemeldet:

*Klasse 01: Chemische Substanzen, chemische Materialien und chemische Präparate sowie natürliche Elemente, nämlich Pflanzenkohle (Biokohle), aus Aktivkohle bestehende Adsorptionsmittel, Aktivkohlefilter zur Reinigung von Gasen sowie Aktivkohlefilter zur Reinigung von Flüssigkeiten; Wachstums- und Düngemittel sowie chemische Erzeugnisse für die Land- und Forstwirtschaft sowie für den Gartenbau, nämlich Düngemittel (teilweise) bestehend aus Pflanzenkohle (Biokohle); Kitte, Füllstoffe und Leime für industrielle Zwecke, nämlich Kohle für Filter zur Beseitigung von organischen Verunreinigungen aus dem Wasser; Filtermaterialien [chemische, mineralische, pflanzliche und andere Materialien im Rohzustand], nämlich Aktivkohle.*

*Klasse 04: Brennstoffe, nämlich solche aus Pflanzenkohle (Biokohle, Holzkohle).*

*Klasse 05: Medizinische Futtermittelzusätze aus Pflanzenkohle (Biokohle).*

*Klasse 19: Baumaterialien und Bauelemente, nicht aus Metall, (teilweise) bestehend aus Pflanzenkohle.*

*Klasse 31: Futtermittel und Tiernahrung (teilweise) bestehend aus Pflanzenkohle (Biokohle); Streu- und Einstreumaterialien für Tiere (teilweise) bestehend aus Pflanzenkohle (Biokohle).*

*Klasse 40: Herstellung von Kohle durch Biomasse-Pyrolyse; Verarbeitung von Pflanzenkohle (Biokohle) als Rohstoff zur Herstellung verschiedenster Produkte.*

(im Folgenden "beanspruchte Waren und Dienstleistungen" genannt).

### 11.1.2 Recht zur Markennutzung

Die Foundation Ithaka Institute gewährt

(1) Herstellern von EBC zertifizierter Pflanzenkohle, sowie von Produkten, die EBC zertifizierte Pflanzenkohle enthalten,

(2) Verarbeitern und Händlern von EBC zertifizierter Pflanzenkohle sowie von Produkten, die EBC zertifizierte Pflanzenkohle enthalten und

(3) Anwendern von EBC zertifizierter Pflanzenkohle (bspw. Landwirte, Betreiber von Kompostwerken, Betreiber von Biogasanlagen) sowie von Produkten, die EBC zertifizierte Pflanzenkohle enthalten (bspw. Landwirte, Gärtner, Tierhalter).

das Recht zur Nutzung der Unionsmarken für die beanspruchten Waren und Dienstleistungen unter folgenden Bedingungen:

Die Unionsgewährleistungsmarke Nr. 018071838 «EBC» (**Wortmarke**) darf nur in Alleinstellung oder mit folgenden Zusätzen benutzt werden:

- "Zertifikation", "Zertifikat", oder "zertifiziert"
- "Agro", "Agro-Bio", "Futter" oder "Material"

Die Unionsgewährleistungsmarke Nr. 018071835 «Certified Biochar EBC European Biochar Certificate (EBC)» (**Bildmarke**) darf nur so wie eingetragen benutzt werden. Zusätze oder Abwandlungen sind nicht erlaubt.

### 11.1.3 Vertragsstrafe

Verstößt der Nutzer der Gewährleistungsmarken schuldhaft gegen die Satzungen dieser Marken, so ist er zur Zahlung einer Geldstrafe von 500,- EUR bis 10.000,- EUR an die Foundation Ithaka Institute verpflichtet. Die Höhe der zu zahlenden Geldstrafe ist von der Foundation Ithaka Institute nach billigem Ermessen festzusetzen und im Streitfall von einem Gericht auf deren Angemessenheit hin zu überprüfen. Entsprechend entzieht die Foundation Ithaka Institute das Recht zur Nutzung der Gewährleistungsmarken.

## 11.2 Pflichtangaben bei Pflanzenkohle

Auf dem Lieferschein oder dem Etikett von Pflanzenkohlen müssen folgende Angaben über die Pflanzenkohle vermerkt sein:

- Anwendungsklasse der Pflanzenkohle (Agro, Agro-Bio, Futter, Material)
- Gehalt an organischem Kohlenstoff ( $C_{org}$ )
- H /  $C_{org}$  – Verhältnis
- Nährstoffgehalte (N, P, K, Ca, Mg)
- Die höchste im Prozess erreichte Pyrolysetemperatur
- pH-Wert, mit entsprechendem arbeitsschutzrechtlichen Hinweis, falls >10
- Spezifische Oberfläche
- Wassergehalt
- Schüttdichte bezogen auf die Trockensubstanz

Es muss des Weiteren der bei der Anmeldung der Produktionscharge zugewiesene QR-Code der zertifizierten Charge auf der Verpackung und dem Lieferschein abgedruckt sein. Über diesen QR-Code können die Analysewerte der verwendeten Pflanzenkohle anonymisiert eingesehen werden.

## 11.3 Produktionsdatum und QR-Code

Neben dem QR-Code der Pflanzenkohle-Charge, muss auf jeder Verpackungseinheit das Produktionsdatum vermerkt werden. Bei großen Verpackungseinheiten oder der Abfüllung aus größeren Vorlagebehältern oder Silos, deren Inhalt über mehrere Tage produziert wird, ist der Produktionszeitraum zu markieren.

## 11.4 Pflichtangaben bei Pflanzenkohle-Produkten

Beim Verkauf an Endkunden müssen auf dem Etikett von Pflanzenkohle-Produkten die folgende Angaben vermerkt sein:

- Anwendungsklasse der Pflanzenkohle (Agro, Agro-Bio, Futter, Material)
- Organischer Kohlenstoffgehalt der im Produkt enthaltenen Pflanzenkohle
- Trockengewicht der in der Verpackungseinheit enthaltenen Pflanzenkohle

Kommen in einem Produkt verschiedene EBC Qualitäten zur Verwendung, so darf das Endprodukt nur diejenige EBC-Qualitätsstufe tragen, welche der am niedrigsten zertifizierten

Pflanzkohle im Produkt entspricht. Hierbei gilt EBC-Material als niedrigste, worauf EBC-Agro, EBC-AgroBio und EBC Futter als höhere Qualitätsstufe folgen.

Für Futtermittel dürfen nur Pflanzkohlen mit EBC-Futter Zertifizierung verwendet werden.

Werden mehrere EBC Pflanzkohlen im Produkt gemischt, ist entsprechend den Gewichtsanteilen der gemittelter Kohlenstoff-Gehalt anzugeben.

Zertifizierte Händler und Verarbeiter sind nicht verpflichtet, den Herstellernamen und Produktionsstandort der verarbeiteten Pflanzkohle auf Etiketten und Lieferscheinen zu kennzeichnen.

## 12. Kontrolle, Qualitätsmanagement und Zertifizierung

### 12.1 Grundsätzliches zur Zertifizierung

Die Kontrolle des Europäischen Pflanzenkohle-Zertifikats wird von der unabhängigen, staatlich akkreditierten Kontrollstelle bio.inspecta AG / q.inspecta GmbH weltweit koordiniert und auf den Produktionsbetrieben in den verschiedenen Länder abgenommen. Die Kontrolle findet einmal pro Jahr statt. Die Hersteller sind verpflichtet, die Produktionsprotokolle gemäß ihres EBC Betriebshandbuchs (vgl. 12.6) jeweils auf aktuellem Stand zu halten.

Jeder Pflanzenkohle-Hersteller muss gesamtheitlich als EBC-Produzent zertifiziert werden, und zwar unabhängig davon, ob sich nur eine Produktionscharge, mehrere oder alle Chargen für eines der EBC-Zertifikate qualifizieren.

Pflanzenkohle aus nicht EBC zertifizierten Produktionschargen darf nicht in die Land- oder Viehwirtschaft verkauft werden.

Zur Wahrung der Verhältnismässigkeit können Pflanzenkohle verarbeitende Betriebe vom jährlichen Kontrollbesuch auf der Betriebsstätte entbunden werden, sofern sie nachweislich weniger als 10 t Pflanzenkohle pro Jahr verarbeiten. Die Einhaltung der Produktions- und Qualitätsrichtlinien kann in solchen Fällen durch die staatlich akkreditierte Kontrollstelle mithilfe von Selbstdeklarierung und Verarbeitungsprotokollen evaluiert werden.

### 12.2 EBC zertifizierte Betriebe

Für die EBC-Zertifizierung werden drei grundsätzliche Betriebsarten unterschieden:

#### a) Herstellende Betriebe

Herstellende Betriebe betreiben Pyrolyse-Anlagen und stellen EBC zertifizierte Pflanzenkohle aus Biomasse her. Sie dürfen diese Pflanzenkohle mahlen, sieben und in der gewünschten Gebindegröße verpacken.

Wird die Pflanzenkohle durch weitere, nicht pyrolytische Verfahrensschritte weiterverarbeitet (z.B. durch Aufladung mit Nährstoffen, Einmischung in Kompost, durch Fermentation, Aktivierung oder sonstige Mischung mit anderen Produkten) muss zusätzlich eine EBC-Zertifizierung als verarbeitender Betrieb erfolgen. Auf dem Betriebsgelände darf sich nur selbst erzeugte Pflanzenkohle befinden, ansonsten ist eine zusätzliche Zertifizierung als Verarbeiter oder Händler notwendig.

Ein Erstaudit durch das Ithaka Institut und ein jährlicher Kontrollbesuche durch die akkreditierte Kontrollstelle sind zwingend. Die repräsentative Probenahme muss durch einen akkreditierten Probenehmer erfolgen. Das vom Ithaka Institut erstellte Betriebshandbuch zur Gütesicherung hat vorzuliegen.

#### **b) Verarbeitende Betriebe und Händler**

Verarbeitende Betriebe kaufen oder produzieren EBC-zertifizierte Pflanzkohle und verwenden diese zur Herstellung neuer, pflanzkohlebasierter Produkte. Übliche Verfahren sind hierbei das Mischen der Pflanzkohle mit Zusatzstoffen, das Aktivieren durch thermische Verfahren (Herstellung von Aktivkohle), die Veredlung durch biologische und/oder chemische Behandlung oder die mechanische Bearbeitung. Ferner fällt auch das Vermischen unterschiedlicher EBC-zertifizierter Produktionschargen, die auch von unterschiedlichen EBC-zertifizierten Herstellern erworben sein können, unter die Kategorie der Verarbeitung.

Auch der Handel von unverpackter, loser Ware (z.B. Container) oder Umverpackung zugekaufter Pflanzkohle unterliegen der Kontroll- und Zertifizierungspflicht für Pflanzkohle verarbeitende Betriebe.

Das Erstaudit erfolgt durch die akkreditierte Kontrollstelle, welches auch die Verarbeitungsprotokolle und die Protokolle zur Dokumentation des Warenflusses mit den verarbeitenden Betrieben festlegt.

#### **c) Händler von verpackter Ware**

Der reine Handel von fertig verpackten und vom zertifizierten Hersteller nach EBC-Vorschrift gekennzeichneten Pflanzkohlen und Pflanzkohle basierten Produkten durch Dritte unterliegt keiner weiteren Kontroll- und Zertifizierungspflicht.

Verkauft also ein nicht zertifiziertes Unternehmen oder eine Person EBC-zertifizierte Pflanzkohle oder Pflanzkohle basierte Produkte, so muss in diesem Fall sowohl der zertifizierte Hersteller als auch die Pflanzkohle-Charge eindeutig rückverfolgbar sein. Der zertifizierte Hersteller muss somit auf Etikett und Lieferschein genannt werden. Das von einem EBC zertifizierten Betrieb angebrachte Etikett darf folglich nicht verändert, überklebt oder entfernt werden darf. Wird das ursprüngliche Etikett entfernt oder überdeckt, gilt die Ware nicht mehr als EBC zertifiziert. Zusätzliche Etiketten dürfen angebracht werden.

Soll der ursprüngliche Hersteller auf der Verpackung oder dem Lieferschein nicht genannt werden und kommt es somit zu einer Umetikettierung der Ware, muss der in Verkehr bringende Betrieb zwangsläufig EBC-zertifiziert werden, ansonsten darf er die Ware nicht als EBC-zertifiziert kennzeichnen.

Die Umetikettierung von geschlossenen Verpackungen zertifizierter Pflanzenkohle- und Pflanzenkohle basierter Produkte unterliegt der Zertifizierungspflicht, die allerdings keinen vor-Ort-Audit erfordert, sondern durch digitale Fernbewertung vorgenommen wird.

### **12.3 Anmeldung zur Zertifizierung**

Die Anmeldung zur Zertifizierung erfolgt direkt bei der Kontroll- und Zertifizierungsstelle bio.inspecta AG / q.inspecta GmbH. Für Produzenten von Pflanzenkohle erfolgt vor der ersten Kontrolle durch q.inspecta ein Erstaudit durch das Ithaka Institut.

Es wird empfohlen, dass neue Pflanzenkohle Produzenten oder Verarbeiter bereits vor Inbetriebnahme ihrer Anlage mit dem Kontrollorgan bio.inspecta Kontakt aufnehmen-

**bio.inspecta AG**

**q.inspecta GmbH**

Ackerstrasse

CH-5070 Frick

+41 (0) 62 865 63 00

[admin@bio-inspecta.ch](mailto:admin@bio-inspecta.ch)

### **12.4 Erstaudit bei Pflanzenkohle-Produzenten**

Das Erstaudit bei Pflanzenkohle-Produzenten findet durch das Ithaka Institut statt. Das Ziel des Erstaudits besteht insbesondere darin, die Vorgaben des EBC hinsichtlich der akkreditierten Probenahme und Gütesicherung auf die Besonderheiten des jeweiligen Betriebs anzupassen. Zu diesem Zweck wird für jeden Produktionsbetrieb ein spezifisches EBC-Betriebshandbuch erstellt, welches die Methode und Häufigkeit der akkreditierten Probenahme, die Art der Rückstellproben, die Bestimmung der Trockengewichte sowie die betriebseigene Qualitätskontrolle festlegt.

Beim Erstaudit findet zudem die Schulung des von jedem Betrieb zu ernennenden EBC-Qualitätsmanager und die Vorbereitung aller nötigen Dokumente für die Kontrolle durch die akkreditierte Kontrollstelle statt.

Das Erstaudit von Pflanzenkohle-Produzenten umfasst folgende Schritte:

- 1) Der zu zertifizierende Betrieb füllt zunächst die von der Kontrollstelle zugesendete Betriebsbeschreibung aus, woraus bereits die wichtigsten technischen Details hervorgehen.
- 2) In einer Videokonferenz zwischen dem zu zertifizierenden Betrieb und dem Ithaka Institut werden erste offene Fragen geklärt und der Umfang des Ortstermins geklärt

- 3) Ortstermin (in der Regel ein Arbeitstag).
- 4) Nachbereitung der Dokumente durch das Ithaka Institut
- 5) Abschließende Videokonferenz mit Freigabe des EBC-Betriebshandbuchs

Grundlegende Veränderungen der betrieblichen Abläufe oder personelle Wechsel müssen gemeldet werden und führen gegebenenfalls zu einer Wiederholung des Erstaudits sowie einer Anpassung des EBC-Betriebshandbuchs. Auch die akkreditierte Kontrollstelle kann einen erneuten Erstaudit anordnen, wenn der im EBC-Betriebshandbuch festgelegte Ablauf des Kontrollbesuchs aufgrund betrieblicher Veränderungen in der bisherigen Form nicht mehr sinnvoll abgearbeitet werden kann.

Bei Verarbeitern und Händlern von Pflanzkohle findet eine Erstkontrolle durch die Kontrollstelle bio.inspecta AG, aber in der Regel kein gesondertes Erstaudit durch das Ithaka Institut statt.

## **12.5 EBC-Betriebshandbuch**

Die vorliegenden EBC-Richtlinien beschreiben die grundsätzlichen Vorgaben zur EBC Zertifizierung. Für Pflanzkohle-Produzenten beschreibt das darauf aufbauende EBC-Betriebshandbuch die genaue Umsetzung dieser Regeln. Dies umfasst vor allem:

- Organisation der Betriebsdokumentation,
- Ablauf der jährlichen Kontrollbesuche
- Verantwortungsbereiche des EBC Qualitätsmanagers
- Anforderungen für den Arbeitsschutz
- Ablaufpläne für die repräsentative Probenahme
- Ablaufplan und Dokumentation für die Entnahme und Lagerung der Rückstellproben
- Zusätzliche Analysen kritischer oder stark variierender Parameter (z.B. PAK, Schwermetalle, Fremdkontamination der Biomassen etc.).
- Bestimmung des Trockensubstanzgehalts für jede einzelne Verpackungseinheit, sofern das C Senken Potential für die einzelnen Chargen bestimmt werden soll

Das EBC-Betriebshandbuch ist ein Vertrag zwischen dem EBC-zertifizierten Betrieb und dem Ithaka Institut als EBC-Labelignier. Jede Veränderung des EBC-Betriebshandbuchs muss dokumentiert und von beiden Parteien unterzeichnet werden. Das Betriebshandbuch wird von der Kontrollstelle und vom Ithaka Institut vertraulich behandelt.

Für verarbeitende Betriebe und Händler gibt es kein gesondertes Betriebshandbuch.

## 12.6 EBC Qualitätsmanager

Das Management des *zertifizierten Unternehmens* muss eine/n QualitätsmanagerIn benennen, der sich mit den Auswirkungen der verschiedenen Produktionsprozesse auf die Qualität der Pflanzenkohle auskennt. Der Qualitätsmanager muss innerhalb des Betriebs dazu ermächtigt sein, Maßnahmen zur Sicherung und Lenkung der Pflanzenkohle-Qualität sowie deren Dokumentation umzusetzen.

Der Qualitätsmanager ist der Ansprechpartner für die akkreditierte Kontrollstelle (q.inspecta) und das Ithaka Institut als EBC-Labelaigner. Kommt es zu einem personellen Wechsel auf der Position des Qualitätsmanagers, ist dies unverzüglich der Kontrollstelle und dem Ithaka Institut mitzuteilen. Die Übergabe des EBC Betriebshandbuchs und der damit verbundenen Verantwortung ist zu dokumentieren. Kann keine geordnete Übergabe durchgeführt werden, ist ein erneutes Erstaudit durch das Ithaka Institut durchzuführen.

Der Qualitätsmanager ist verpflichtet, im ersten Jahr und später mindestens einmal pro Zertifizierungsperiode an externen Schulungen des EBC zur Herstellung, Qualitätssicherung und Anwendung von Pflanzenkohle teilzunehmen. Das Training muss vom *zuständigen Management* genehmigt werden.

Der Qualitätsmanager muss die ordnungsgemäße Dokumentation und Evaluierung der Betriebsprozesse sicherstellen, die die Qualität der Pflanzenkohle beeinflussen. Die Dokumentation muss laufend aktualisiert werden und sollte regelmäßig dem Management des Unternehmens vorgelegt werden. Informationen über entdeckte Mängel müssen unverzüglich an die verantwortlichen Angestellten weitergeleitet und die Mängel behoben werden.

Der Qualitätsmanager ist Ansprechpartner für seine Kollegen im Fall von Störungen des Produktionsprozesses. Er kann einzelne Kontroll- und Dokumentationsaufgaben auf andere Angestellte übertragen. In diesem Fall muss er die verantwortlichen Angestellten anleiten und die ordnungsgemäße Erledigung der übertragenen Aufgaben überwachen.

## 13. Referenzen

1. Huygens, D.; Saveyn, H.; Tonini, D.; Eder, P.; Delgado Sancho, P. *Technical proposals for selected new fertilising materials under the Fertilising Products Regulation (Regulation (EU) 2019/1009)*; Brussels.
2. EU-Bio *EU-Bio Verordnung: Durchführungsverordnung (EU) 2019/2164 der Kommission*; Brussels, 2019.
3. Schimmelpfennig, S.; Glaser, B. One Step Forward toward Characterization: Some Important Material Properties to Distinguish Biochars. *J. Environ. Qual.* **2012**, *41*, 1001.
4. Camps-Arbestain, M.; Amonette, J. E.; Singh, B.; Wang, T.; Schmidt, H.-P. A biochar classification system and associated test methods. In *Biochar for environmental management*; Lehmann, J.; Joseph, S., Eds.; Routledge: London, 2015; pp. 165–194.
5. BBodSchV *Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung*; Deutsches Bundesamt für Umwelt: Berlin, 1999.
6. *Abfallverordnung-VVEA Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen*; Der Schweizerische Bundesrat: Bern, 2015.
7. Bucheli, T. D.; Hilber, I.; Schmidt, H. P. Polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated aromatic compounds in biochar. In *Biochar for environmental management: Science and technology*; earthscan, London, U., Ed.; 2015.
8. Li, H.; Qu, R.; Li, C.; Guo, W.; Han, X.; He, F.; Ma, Y.; Xing, B. Bioresource Technology Selective removal of polycyclic aromatic hydrocarbons ( PAHs ) from soil washing effluents using biochars produced at different pyrolytic temperatures. *Bioresour. Technol.* **2014**, *163*, 193–198.
9. Hilber, I.; Arrigo, Y.; Zuber, M.; Bucheli, T. D. Desorption Resistance of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Biochars Incubated in Cow Ruminal Liquid in Vitro and in Vivo. *Environ. Sci. Technol.* **2019**, *53*, 13695–13703.
10. *ChemRRV Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen*; Bern, 2020.
11. Justiz, B. *Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung- DepV)*; Bundesministerium für Justiz: Berlin, 2009.
12. Hilber, I.; Blum, F.; Leifeld, J.; Schmidt, H.-P.; Bucheli, T. D. Quantitative Determination of PAHs in Biochar: A Prerequisite To Ensure Its Quality and Safe Application. *J. Agric. Food Chem.* **2012**, *60*, 3042–50.
13. Bucheli, T. D.; Hilber, I.; Schmidt, H.-P. Polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated aromatic compounds in biochar. In *Biochar for Environmental Management*; Lehmann, J.; Joseph, S., Eds.; Routledge: London, 2015; pp. 595–624.
14. Brown, R.; Campo, B. del; Boateng, A. A.; Garcia-Perez, M.; Masek, O. Fundamentals of biochar production. In *Biochar for environmental management*; Lehmann, J.; Joseph, S., Eds.; Routledge: London, 2015; pp. 39–62.

15. Europ, D. I. E.; Kommission, I.; Folgende, H. A. T.; Erlassen, V.; Barroso, M. Amtsblatt der Europäischen Union L 159 / 25 VERORDNUNG ( EU ) Nr . 575 / 2011 DER KOMMISSION vom 16 . Juni 2011 zum Katalog der Einzelfuttermittel gestützt auf den Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union , gestützt auf die Verordnung ( EG ) N. **2011**, 25–65.
16. Positivliste für Einzelfuttermittel. **2014**.
17. Parlament, E. Richtlinie 2002/32/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 7. Mai 2002 über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32002L0032> (accessed May 9, 2016).
18. Parlament, E. Verordnung (EG) Nr. 396/2005 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Februar 2005 über Höchstgehalte an Pestizidrückständen in oder auf Lebens- und Futtermitteln pflanzlichen und tierischen Ursprungs und zur Änderung der Richtlinie 91/414/EWG de <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=URISERV%3A121289> (accessed May 9, 2016).
19. Schmidt, H.-P.; Hagemann, N.; Draper, K.; Kammann, C. The use of biochar in animal feeding. *PeerJ* **2019**, 7, e7373.
20. Gy, P. Sampling of discrete materials—a new introduction to the theory of sampling. *Chemom. Intell. Lab. Syst.* **2004**, 74, 7–24.

## Anhang 1

### Analysemethoden für EBC-Pflanzenkohle

#### Basis-Paket

##### **Probenvorbereitung (DIN 51701-3):**

Zuerst wird nach einer Homogenisierung die Probe in repräsentative Teilmengen aufgeteilt.

Dieses Aufteilen der Probe geschieht durch Vierteln und Teilen der homogenisierten und aufgehäuften Probe.

Ca. 100 g der Originalprobe werden für die Bestimmung der Leitfähigkeit, des Salzgehaltes und des pH-Wertes abgefüllt.

Ein Teil der Probe wird bei 40 °C getrocknet und nach der Trocknung weiter aufgeteilt.

Ca. 250 g der 40 °C getrockneten Probe werden unzerkleinert zur Bestimmung der Reindichte verwendet und ein Teil davon zur Bestimmung der BET-Oberfläche auf < 3.15 mm gemahlen.

Ca. 50 g der 40 °C getrockneten Probe werden in einer Schwingmühle analysenfein gemahlen und zur weiteren Analytik (PAK, TGA, Asche; CHN, S, Spuren- und Hauptelemente) weiter verteilt. Sofern nicht anders spezifiziert, sind die Korngrößen der Analyseproben von den jeweiligen Normen vorgegeben.

##### **Schüttdichte (in Anlehnung an VDLUFA-Methode A 13.2.1):**

Die wasserfrei getrocknete Probe (mindestens 300 ml) wird in einem Messzylinder aus Kunststoff (1 l) eingefüllt und die Probe im Gefäß gewogen. Nach 10maligem Verdichten mittels Fallvorrichtung wird das Volumen am Messzylinder abgelesen. Aus der Masse und dem Volumen der Probe wird die auf die Trockensubstanz bezogene Schüttdichte in kg/m<sup>3</sup> errechnet.

##### **Leitfähigkeit (Salzgehalt) nach BGK, Kap. III. C2 / analog DIN ISO 11265:**

20 g der Originalprobe werden mit 200 ml vollentsalztem Wasser in einer PE-Flasche für eine Stunde geschüttelt. Anschließend wird filtriert und im Filtrat die Leitfähigkeit gemessen. Die Temperaturkorrektur der Leitfähigkeit erfolgt automatisch im Gerät. Die ausgegebene Leitfähigkeit bezieht sich auf 25 °C. Die Umrechnung der Leitfähigkeit auf den Salzgehalt erfolgt mit dem Faktor von 52,8 [mg KCl/l]/[10<sup>-4</sup>/cm]

und wird in mg KCl/l angegeben. Berechnungsgrundlage ist hier die Leitfähigkeit ( $14,12 \cdot 10^{-4}$  S/cm) einer 0,01 molaren Kaliumchloridlösung. Der Salzgehalt kann dann auf das Volumen der Frischsubstanz bezogen werden.

**pH-Wert nach DIN ISO 10390 (CaCl<sub>2</sub>):**

Mindestens 5 ml luftgetrocknete Probe wird in ein Glasgefäß gegeben. Die das fünffache Volumen (25 ml) einer 0,01 M CaCl<sub>2</sub>-Lösung wird hinzugegeben. Die Suspension wird 1 h geschüttelt (über Kopf). Die hergestellte Suspension wird direkt mit einem pH-Messgerät bestimmt.

**Wassergehalt nach DIN 51718:**

Verfahren A / Zwei-Stufen-Verfahren (Referenz-Verfahren für Steinkohle )

-Grobe Feuchtigkeit

Die Probe (100 - 1000 g) wird in einer Trocknungsschale gleichmäßig verteilt, auf 0,1 g gewogen und in einem Wärmeschrank bei (40±2) °C bis zur Massenkonstanz getrocknet. Falls erforderlich, wird die Probe insgesamt auf mehrere Bleche verteilt.

Auswertung: Grobe Feuchtigkeit (FG) in %

$$FG = \frac{m_E - m_R}{m_E} * 100$$

FG = Grobe Feuchtigkeit in %

m<sub>E</sub> = Einwaage an Probengut in g

m<sub>R</sub> = Rückwaage an Probengut in g

-Hygroskopische Feuchtigkeit

Eine Teilmenge der luftgetrockneten und unter 1 mm Korngröße zerkleinerten Probe wird unmittelbar nach dem Teilen auf 0,1 mg in einen TGA-Tiegel eingewogen und bei (106 ±2) °C unter Stickstoffatmosphäre bis zur Massenkonstanz getrocknet.

Auswertung: Hygroskopische Feuchtigkeit (FH) in %

$$FH = \frac{m_E - m_R}{m_E} * 100$$

FH = Hygroskopische Feuchtigkeit in %

m<sub>E</sub> = Einwaage an Probengut in g

m<sub>R</sub> = Rückwaage an Probengut in g

- Gesamtwassergehalt

Auswertung: Gesamtwassergehalt (Wt) in %

$$W_t = FG + FH * \frac{100 - FG}{100}$$

W<sub>t</sub> = Gesamtwassergehalt in %

FG = Grobe Feuchtigkeit in %

FH = Hygroskopische Feuchtigkeit in %

### Aschegehalt (550 °C) analog DIN 51719:

Das entsprechende Programm auswählen ( 30 oder 60 min ). Die Leergewichtsermittlung der Tiegel erfolgt automatisch. Die Probennummer für entsprechende Tiegelposition eingeben. 1 g der Analysenprobe in Keramiktiegel geben und gleichmäßig verteilen. Die Wägung erfolgt Tiegel-Positions-bezogen automatisch.

Automat durchläuft folgendes Heizprogramm:

Erwärmung um 5 K/min auf 106 °C unter Stickstoffatmosphäre bis zur Massenkonstanz Δm. Erhöhung der Temperatur um 5 K/min auf 550 °C unter Sauerstoffatmosphäre, diese Temperatur für 30 bzw. 60 min halten bis zur Massenkonstanz ( Δm < 0,05%).

Der Aschegehalt wird automatisch bestimmt und in Bezug auf die Analysenfeuchte berechnet.

Umrechnung auf andere Bezugszustände erfolgte extern!

### Carbonat CO<sub>2</sub> analog DIN 51726:

1 g der vorgetrockneten und zerkleinerten Probe wird auf 0,2 mg eingewogen und in den Zersetzungskolben gegeben. Das Gerät besteht aus einem Absorptionsturm, der die Luft von Kohlendioxid befreit, dem Zersetzungskolben mit einem Aufsatz um die Säure zuzugeben und drei daran angeschlossene Waschflaschen. Durch die Anlage wird von Kohlendioxid befreite Luft gesaugt. Nachdem die Anlage mit Inertgas gespült und die Waschflaschen mit einer Absorptionslösung aus BaCl<sub>2</sub> und NaOH Lösung befüllt wurden, werden 30 ml Zersetzungssäure (Salzsäure mit HgCl<sub>2</sub> als Katalysator und einem Netzmittel) in den Zersetzungskolben gegeben. Der Inhalt des Zersetzungskolbens wird ca. 10 min bis zum Sieden erhitzt. Der Inertgasstrom befördert das entstehende Kohlendioxid durch eine saure Lösung in der ersten Waschflasche in die beiden anderen Waschflaschen. In der zweiten Waschflasche

löst sich das Kohlendioxid unter Verbrauch der Base und fällt als Bariumcarbonat aus. Tritt in der dritten Waschflasche ein Niederschlag auf, muss die Messung mit geringerer Einwaage wiederholt werden. Der Verbrauch an Base in der zweiten Waschflasche wird über eine pH-Titration mit Salzsäure ermittelt. Der Carbonatgehalt der Probe wird aus dem Basenverbrauch als  $\text{CO}_2$  errechnet.

### **CHN nach DIN 51732:**

Die Probe (80-100 mg der vorgetrockneten und zerkleinerten Probe) wird auf 0,1 % (relativ) direkt in eine Zinn-Kapsel eingewogen und diese verschlossen. Analyse der Messprobe im Gerät. Angabe des Kohlenstoffgehaltes, des Wasserstoffgehalt und des Stickstoffgehaltes in Massenprozent.

### **Schwefel nach DIN 51724-3:**

Die vorgetrockneten und zerkleinerten Probe wird in einem Keramik-Tiegel (unter Zuhilfenahme von  $\text{V}_2\text{O}_5$ ) bei hoher Temperatur ( $> 1300\text{ °C}$ ) im Sauerstoffstrom oxidiert. Das entstehende  $\text{SO}_2$  wird in einer IR-Zelle analysiert und einwaagebezogen als Gesamtschwefel angegeben.

### **Sauerstoffgehalt nach DIN 51733:**

Der Sauerstoffanteil wird berechnet. Es wird angenommen, dass die Probe im Wesentlichen aus Asche, Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Schwefel und Sauerstoff besteht. Wird von 100 % der Asche-, Kohlenstoff-, Wasserstoff-, Stickstoff- und Schwefelgehalt in Prozent abgezogen, ergibt sich der Sauerstoffgehalt in Prozent.

### **$C_{\text{org}}$ , H/C und O/C (berechnet):**

Aus den Ermittelten Gehalten können andere Größen und Verhältnisse berechnet werden.

$C_{\text{org}}$  ergibt sich aus dem Gesamtkohlenstoffgehalt abzüglich des als Karbonat vorliegenden Kohlenstoffanteils.

### **PAK analog DIN EN 15527: 2009-09 (Extraktion mit Toluol); DIN EN 16181: 2019-08 Extraktionsverfahren 2**

2,5 g der der vorgetrockneten und zerkleinerten Probe wird eingewogen und mit 50 ml Toluol zwei Stunden am Rückfluss extrahiert. Der Extrakt wird auf weniger als 10 ml eingeeengt. Ein Aliquot der Phase wird zur Analyse in ein Rollrandfläschchen überführt und mittels Gaschromatographie auf die 16 EPA PAK analysiert.

**Spurenmolekule nach Mikrowellenaufschluss nach DIN 22022-1, DIN 22022-7, DIN EN ISO 17294-2 / DIN EN 12846, DIN 22022-4:** (Pb, Cd, Cu, Ni, Hg, Zn, Cr, B, Mn, As, Hg)

Die vorgetrocknete und zerkleinerte Probe wird in das Reaktionsgefäß der Mikrowelle eingewogen. Dazu werden 6 ml Salpetersäure, 2,0 ml Wasserstoffperoxid und 0,4 ml Flusssäure gegeben. Anschließend wird das Reaktionsgefäß entsprechend verschlossen und in die Mikrowelle eingebaut.

Programmablauf des Mikrowellendruckaufschlusses:

- Aufheizphase (Raumtemperatur bis 190 °C) in 15 min
- Haltezeit bei 190 °C 20 min
- freies Abkühlen

zusätzlich nur notwendig bei Messung mittels ICP-OES:

Programmablauf der Flusssäuremaskierung (mit Borsäure, Zugabe 5 ml gesättigte Lösung):

- Aufheizphase (Raumtemperatur bis 160 °C) in 8 min
- Haltezeit bei 160 °C 7 min
- freies Abkühlen

Nach vollständiger Abkühlung werden die Reaktionsgefäße geöffnet und die Aufschluss-Lösung in 50 ml Kunststoff-Maßkolben überführt und mit entionisiertem Wasser aufgefüllt.

Die Verdünnten Aufschlusslösungen werden mittels ICP-MS vermessen (DIN EN ISO 17294-2).

Zur Bestimmung der Quecksilbergehalte können DIN EN ISO 12846

DIN 22022-4; DIN EN ISO 17294-2 und DIN 22022-7 angewandt werden.

**Hauptelemente nach Schmelzaufschluss nach DIN 51729, DIN EN ISO 11885 / DIN EN ISO 17294-2:** (P, Mg, Ca, K, Na, Fe, Si, S)

Der Schmelzaufschluss wird an der Asche der Pflanzenkohle durchgeführt. 200 mg der analysenfeinen Asche werden in einen Platintiegel eingewogen und mit 2 g Lithiummetaborat intensiv vermischt.

Der Platintiegel wird in einen Aufschlussöfen gestellt. Der Aufschluss verbleibt mindestens 15 Minuten bei 1050 °C im Ofen. Die Schmelze wird in Salzsäure aufgelöst und auf 500 ml aufgefüllt.

Die Proben werden am ICP-OES (DIN EN ISO 11885) oder ICP-MS (DIN EN ISO 17294-2) vermessen.

**Spezifische Oberfläche nach DIN ISO 9277 (BET) und DIN 66137 (Dichte)**

Die Probe wird bei 40 °C getrocknet und auf eine Partikelgröße < 3.15 mm gemahlen. Die Ausgasung findet unter Vakuum statt. Die Ausgasungstemperatur ist auf 150° C und die Ausgasungsdauer auf 2 Stunden festgelegt. Es wird das Multipoint BET-Modell angewandt. Als Adsorptionsgas wird Stickstoff verwendet.

## Anhang 2

### Analytische Parameter für EBC-Futter

#### Spurenmehalle

nach VDLUFA III oder DIN EN ISO17294-2

As, Pb, Cd, Hg: DIN EN 15763:2010-04

0,1 g bis 1 g des getrockneten, gemahlenden und homogenisierten Materials werden in einen Kunststoffbecher (PTFE, PFA) oder Quarzbecher für die Mikrowelle eingewogen. Nach Zugabe von 65%iger Salpetersäure im Verhältnis 1+5 (Einwaage+Säure) und nach Zugabe von 30%igem Wasserstoffperoxid im Verhältnis 1+2,5 bis 1+10 (Einwaage+Wasserstoffperoxid) wird bei der für das System maximal zulässigen Temperatur aufgeschlossen (in der Regel 190°C). Aufheizphase: 15 min; Haltezeit: 30 min.

Nach dem Abkühlen wird quantitativ in ein Polypropylengefäß mit Volumenmarkierung überführt und mit 0,1 M Salpetersäure bis zur Marke aufgefüllt. Die Messung erfolgt mit ICP-MS oder ICP-OES. Beim Quecksilber werden Kaltdampf-AAS oder Atomfluoreszenzspektrometrie eingesetzt.

#### Benzo-A-Pyren für EBC-Futter

nach DIN EN 16181:2019-08 (Extraktionsverfahren 2)

Das Material wird zerkleinert (<1 mm) und bei maximal 35°C getrocknet. 10 g Probe werden mittels Soxhletextraktion 6 h mit Toluol unter Zugabe von geeigneten internen Standards extrahiert. Alternativ kann eine ASE Extraktion verwendet werden. Der Extrakt wird aufkonzentriert und entsprechend DIN ISO 13877 oder VDLUFA VII 3.3.3.2 mit Säulenchromatographie gereinigt. Die Messung und Quantifizierung des gereinigten Extraktes kann mit HPLC-FLD oder GC+Massenspektrometrie erfolgen. Geeignet sind MSD, MS/MS-, HRMS- oder TOF-Geräte.

#### PCB

nach DIN EN 16167, DIN EN 16215, VDLUFA VII 3.3.2.2

Das Material wird zu Pulver (<1 mm) zerkleinert und bei maximal 35°C im Trockenschrank getrocknet. Alternativ kann chemisch oder durch Gefrierdrocknung

getrocknet werden. 5-10 g Probe werden mittels Soxhletextraktion 6 h mit Toluol unter Zugabe von geeigneten internen Standards extrahiert. Alternativ kann eine ASE Extraktion verwendet werden. Der Extrakt wird aufkonzentriert und entsprechend VDLUFA VII 3.3.2.2 mit Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Die Messung und Quantifizierung des gereinigten Extraktes erfolgt mit GC-MS oder GC-ECD.

### **PCDD/PCDF/coplanare PCB**

**nach DIN EN 16190:2019-10, DIN EN 16215, Verordnung (EG) Nr. 152/2009 (geändert durch Nr. 2017/771), HRGC/HRMS Bestätigungsverfahren**

Das Material wird zu Pulver (<1 mm) zerkleinert und bei maximal 35°C im Trockenschrank getrocknet. Alternativ kann gefriergetrocknet werden. 2 g Probenmaterial werden nach Zugabe isotope markierter Standards 20 h mit Toluol im Soxhlet extrahiert. Alternativ können spezielle Heißeextraktoren wie die ASE eingesetzt werden. Nach Aufkonzentrierung wird der Extrakt nach VDLUFA Methode VII 3.3.2.4 durch mehrfache Säulenchromatographie gereinigt und kann in verschiedene Fraktionen unterteilt werden. An dieser Stelle ist auch eine Gewinnung der DIN-PCB Fraktion möglich. Zuletzt erfolgt die Messung der Komponenten mit GC-HRMS.

### **Carbon**

**Testmethode:** DIN 51732

Verwendung von TruSpec CHN (Hersteller: Leco)

Die Probe (80-100 mg der vorgetrockneten und zerkleinerten Probe) wird auf 0,1 % (relativ) direkt in eine Zinn-Kapsel eingewogen und diese verschlossen. Analyse der Messprobe im Gerät. Angabe des Kohlenstoffgehaltes, des Wasserstoffgehalt und des Stickstoffgehaltes in Massenprozent.

### **Fluor**

**Testmethode:** VDLUFA III 17.3.2, VDLUFA VII 2.2.2.1, DIN EN 16279:2012-09, BAFU F-7 2017 (DIN 38405-4:1985-07)

Das getrocknete und gemahlene Material wird verascht und mit Natriumhydroxid aufgeschlossen. Der erkaltete Aufschluss wird in Salzsäure unter Zugabe eines

Komplexbildners (TISAB) gelöst. Anschließend wird ein pH-Wert von 5,5 eingestellt und der Fluoridgehalt mittels einer ionensensitiven Elektrode ermittelt.

### **Trockensubstanz**

#### **Testmethode: DIN 51718; VDLUFA III 3.1;**

Mindestens 50 g der Probe werden entnommen und soweit erforderlich, unter Vermeidung von Feuchtigkeitsänderungen zerkleinert. 5 g Kohle werden auf 1 mg genau eingewogen und bei 103°C 4 h getrocknet. Nach dem Beladen des Ofens beginnt die Trocknungszeit erst nach genauem Erreichen der 103°C. Nach dem Abkühlen im Exsiccator wird auf 1 mg genau zurückgewogen.

### **Rohasche**

**analog** zu DIN 51719, VDLUFA III 8.1; HCl-insoluble ash: VDLUFA III 8.2

Etwa 5 g Probe werden auf 1 mg genau in eine geglühte und tarierte Veraschungsschale eingewogen. Die Schale wird in einen Muffelofen gebracht und bei 550°C±5°C so lange belassen, bis keine Kohlepartikel mehr zu erkennen sind. Nach Abkühlung im Exsiccator wird auf 1 mg zurückgewogen. Bei schwierigen Proben erfolgt eine Ammoniumnitratbehandlung entsprechend Methode VDLUFA 8.1.

## Anhang 3

### Analytische Zusatzparameter

#### **Brennwert / Heizwert nach DIN 51900:**

Zur Bestimmung des Brenn- und Heizwertes wird ein Bombenkalorimeter benutzt, welches die Anforderungen gemäß genannter Norm erfüllt. 0,3 bis 0,8 g der vorgetrockneten und zerkleinerten Probe wird in einen Verbrennungsbeutel, Kapsel oder Tiegel eingewogen. Die Probe wird in die Verbrennungsbombe mit dem Zünddraht, Zündfaden und 10-20 ml Eluent im Bombenunterteil eingebaut. Bombe wird in das Kalorimeter eingehängt. Die Befüllung mit Sauerstoff, die Zündung und die Messung geschehen automatisch. Nach der Verbrennung muss die Bombe auf Spuren einer unvollständigen Verbrennung überprüft werden. Mit den Kalibrierungs- und Messdaten kann der Brennwert und nach weiteren Korrekturen der Heizwert errechnet werden.

#### **Aschegehalt (815 °C) DIN 51719:**

Der Aschegehalt 815 °C wird nach dem Aschegehalt 550 °C bestimmt, die Temperatur wird vom Haltepunkt 550 °C mit 5 K/min weiter auf 815 °C aufgeheizt und bis zur Gewichtskonstanz (Massenunterschied  $\pm 0,05$  %) geglüht.

#### **Flüchtige Bestandteile nach DIN 51720:**

1 g der der vorgetrockneten und zerkleinerten Probe wird in einen Tiegel (mit Deckel) eingewogen. Die Probe muss eine gleichmäßig dicke Schicht auf dem Tiegelboden bilden. Der Tiegel wird in den  $900 \pm 5$  °C vorgeheizten Ofen gebracht. Nach 7 min ( $\pm 5$ s) wird der Tiegel aus dem Ofen genommen und nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur zurückgewogen. Aus dem Masseverlust der Probe wird der Gehalt an flüchtigen Bestandteilen berechnet.

#### **Wasserhaltekapazität (WHC) nach DIN EN ISO 14238, Anhang A:**

Die 2 mm Fraktion der Biochar-Probe wird im Wasserbad für einen Zeitraum von 24 Stunden gesättigt. Im Anschluss wird die Probe für 2 Stunden auf ein trockenes Sandbett aufgesetzt, um ungebundenes Wasser abzuziehen. Das gesättigte Material wird gewogen und in einem Trockenschrank bei max 105 °C getrocknet. Nach dem Trocknen wird die Probe erneut gewogen und die Wasserhaltekapazität bestimmt.

**Thermogravimetrische Analyse:**

Die TGA-Kurve wird analog zu den Bestimmungen der hygroskopischen Feuchte und des Aschegehaltes in der TGA ermittelt. Dazu wird 1 g der vorgetrockneten und gemahlene Probe in den TGA-Tiegel eingewogen. Während der Temperaturerhöhung von 30 °C auf 950 °C mit 10 K/min wird der Tiegel in kurzen Abständen im TGA-Ofen gewogen. Das Ergebnis wird grafisch dargestellt.

**PCB**

nach VDLUFA VII 3.3.2.2 (DIN-PCB; Heißextraktion, GC-MS) DIN EN 16167:2019-06 (Abweichend zur Norm Extraktionsverfahren 2 statt mit Petrolether mit Toluol als Extraktionsmittel), DIN 38414-20 und DIN EN 16215

Das Material wird zu Pulver (<1 mm) zerkleinert und bei maximal 35°C im Trockenschrank getrocknet. Alternativ kann chemisch oder durch Gefriertrocknung getrocknet werden. 5-10 g Probe werden mittels Soxhletextraktion 6 h mit Toluol unter Zugabe von geeigneten internen Standards extrahiert. Alternativ kann eine ASE Extraktion verwendet werden. Der Extrakt wird aufkonzentriert und entsprechend VDLUFA VII 3.3.2.2 mit Kieselgel-Säulenchromatographie gereinigt. Die Messung und Quantifizierung des gereinigten Extraktes erfolgt mit GC-MS oder GC-ECD.

**PCDD/PCDF/coplanare PCB**

DIN EN 16190:2019-10, DIN EN 16215, Verordnung (EG) Nr. 152/2009 (geändert durch Nr. 2017/771) HRGC/HRMS Bestätigungsverfahren, VDLUFA VII 3.3.2.4

Das Material wird zu Pulver (<1 mm) zerkleinert und bei maximal 35°C im Trockenschrank getrocknet. Alternativ kann gefriergetrocknet werden. 2 g Probenmaterial werden nach Zugabe isopenmarkierter Standards 20 h mit Toluol im Soxhlet extrahiert. Alternativ können spezielle Heißextraktoren wie die ASE eingesetzt werden. Nach Aufkonzentration wird der Extrakt durch mehrfache Säulenchromatographie gereinigt und kann in verschiedene Fraktionen unterteilt werden. An dieser Stelle ist auch eine Gewinnung der DIN-PCB Fraktion möglich. Zuletzt erfolgt die Messung der Komponenten mit GC-HRMS.

## Anhang 4

### Repräsentative Probenahme

Um eine möglichst repräsentative Probe einer größeren Produktionsmenge zu erhalten, muss eine Charge innerhalb der ersten sieben Produktionstage wie folgt nach exakter Methodik beprobt werden. Querstromproben garantieren dabei am sichersten eine repräsentative Probenahme des Produktes.

#### A) Anlagen mit kontinuierlichen Produktionsprozessen

1. An drei aufeinanderfolgenden Tagen werden täglich je 8 Proben à 3 Liter im Abstand von jeweils mindestens einer Stunde direkt am Austrag vom frisch produzierten Material entnommen und beschriftet. Diese Entnahme kann auch durch eine entsprechend eingestellte automatisierte Querstromprobe erfolgen.
2. Die 24 Teilproben werden zu einer Mischprobe vereinigt.
3. Die Entnahme jeder einzelnen der 24 Proben (= 3 x 8 Tagesproben) muss mit den jeweils genauen Entnahmezeitpunkten im Probenahmeprotokoll dokumentiert werden.

#### B) Anlagen mit nicht-kontinuierlichen Produktionsprozessen

1. Die Menge an Pflanzkohle, von der eine repräsentative Probe genommen werden soll, muss mindestens die Produktionsmenge eines Tages umfassen.
2. Der zu beprobende Haufen muss zunächst gründlich gemischt werden, indem er dreimal mit einem Frontlader oder einer Schaufel von einem Haufen auf einen anderen umgesetzt wird.
3. An 24 verschiedenen Stellen des gemischten Haufens wird jeweils eine Teilprobe von 3 Litern entnommen.
4. Die 24 Teilproben werden zu einer Mischprobe vereinigt.
5. Die Probenahme wird im Probenahmeprotokoll dokumentiert.

#### C) Homogenisierung und Probenteilung

Die Mischprobe von  $(24 \times 3 \text{ l}) = 72$  Litern kann entweder direkt an das akkreditierte Labor geschickt werden, wo es homogenisiert und zu einer repräsentativen Analyseprobe verkleinert wird, oder die Produzenten stellen selbst nach folgendem Vorgehen eine verkleinerte repräsentative Analyseprobe her:

1. Sollte die Partikelgröße der Mischprobe größer als 3 mm sein, muss diese auf < 3 mm gemahlen werden, da sonst keine repräsentative Probenteilung möglich ist.
2. Die gemahlene Mischprobe wird entweder mit einem maschinellen Probenteiler auf 2 bis 2,5 Liter reduziert oder nach folgender Vorschrift homogenisiert und geteilt.
3. Die gemahlene Mischprobe (insgesamt 72 Liter) wird auf eine saubere Unterlage geschüttet und sodann dreimal mittels einer Schaufel von einem Haufen auf einen anderen umgesetzt.
4. An 15 Stellen des gemischten Haufens werden dann je eine Teilprobe von jeweils 1,5 Litern entnommen.
5. Die 15 Teilproben werden wiederum zusammengeschüttet.
6. Die neue Teilprobe von 22,5 l wird nun gründlich gemischt, indem sie dreimal von einem Haufen auf einen anderen Haufen geschaufelt wird.
7. Von dem gemischten Haufen der 22,5 l großen Teilprobe werden nun 15 Teilproben von jeweils 150 ml an 15 verschiedenen Stellen des Haufens entnommen und vereinigt.

Die Probe, die an das akkreditierte Labor gesendet werden, müssen versiegelt und mit dem auf der EBC-Webseite generierten QR-Code beschriftet werden.

Die zu erwartenden Unsicherheiten (Richtigkeit und Präzision) wurden von Bucheli et al. [1] im Detail beschrieben und werden von der EBC bei der Evaluation der Resultate entsprechend berücksichtigt. Das Ziel der vorgeschriebenen Probenahmemethode besteht darin, eine gut charakterisierende Querschnittsprobe zu erreichen.