



Richtlinien

European Biochar Certificate

für die nachhaltige Produktion von Pflanzenkohle

Version 10.3G – Stand 05.04.2023

Bitte zitieren als:

EBC (2012-2023) 'European Biochar Certificate – Richtlinien für die Zertifizierung von Pflanzenkohle', Ithaka Institute, Arbaz, Switzerland. <http://www.european-biochar.org>
Version 10.3G vom 5. April 2023

Impressum

Die EBC-Richtlinien gelten seit 1. Januar 2012 und sind Grundlage für die Zertifizierung von Pflanzkohle in Europa und weltweit. Der EBC-Standard wurde vom Ithaka Institut entwickelt und ist im Besitz der Carbon Standard International.

Hans Peter Schmidt*, Ithaka Institute for Carbon Strategies, Switzerland

Thomas Bucheli, Agroscope Zürich, Switzerland

Claudia Kammann, University Geisenheim, Germany

Bruno Glaser, Universität Halle, Germany

Samuel Abiven, Ecole Normale Supérieure, Paris, France

Jens Leifeld, Agroscope Zürich, Switzerland

Gerhard Soja, AIT & University of Natural Resources and Life Science, Vienne, Austria

Nikolas Hagemann, Ithaka Institute, Germany

* korrespondierender Autor: schmidt@ithaka-institut.org

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung der
Carbon Standard International, Switzerland (www.carbon-standards.com)

Copyright: © 2023 Carbon Standards International

Inhaltsverzeichnis

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

ANHANG

- 1. Analytische Methoden – Basispaket
- 2. Analytische Methoden für EBC-Futter
- 3. Analytische Methoden für Zusatzparameter
- 4. Erstellung repräsentativer Proben
- 5. Länderanhang für Schweden
- 6. Länderanhang für Österreich
- 7. Länderanhang für Schweiz
- 8. Länderanhang für Dänemark

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 an (<https://european-biochar.org/en/ebc-producer/send-batch-request>). Der Hersteller erhält dann sein Login für die EBC-Website, auf der er alle notwendigen Informationen über sein Unternehmen und die von ihm verwendete Pyrolysetechnologie eingeben muss.
- 1.2 Nach einer ersten Überprüfung der technischen Informationen und einem persönlichen Telefonkontakt zwischen dem Herstellern und Carbon Standards International werden die Unternehmensinformationen an die akkreditierte Kontroll- und Zertifizierungsstelle bio.inspecta AG (<https://www.bio-inspecta.ch/de/services>) übermittelt.
- 1.3 Der Produzent erhält von bio.inspecta AG ein Angebot und einen Vertrag für die EBC-Zertifizierung.
- 1.4 Sobald der Produzent den Inspektionsvertrag unterzeichnet hat, koordiniert Carbon Standards International einen Termin für ein technisches Voraudit, das in der Regel über ein Videokonferenzsystem durchgeführt wird.
- 1.5 Im Rahmen des technischen Voraudits wird ein unternehmensspezifischer Qualitätssicherungs- und Probenahmeplan erstellt und in den technischen EBC-Kontrollunterlagen vermerkt. Darüber hinaus erfolgt eine Einweisung in die EBC-Methodik, die EBC-Dokumente und die zu führenden Protokolle sowie das Vorgehen bei der jährlichen Kontrolle durch die bio.inspecta AG.
- 1.6 Der zu zertifizierende Betrieb benennt einen Qualitätsmanager, welcher der direkte Ansprechpartner für die Kontrollstelle bio.inspecta AG ist und den gesamten Zertifizierungsprozess abwickeln 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 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.
- 2.4 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.
- 2.5 Wenn ein Hersteller von Pflanzenkohle zum ersten Mal eine Pflanzenkohle-Produktionscharge registriert, muss innerhalb der ersten zwei Monate nach der Registrierung eine repräsentative Probenahme durch einen akkreditierten Probenehmer durchgeführt werden.
- 2.6 Nach Ablauf einer Produktionscharge muss eine darauffolgende, neue Produktionscharge wiederum auf der EBC-Webseite angemeldet werden.
- 2.7 Wenn die neue Produktionscharge mit denselben Parametern wie die vorhergehende Charge hergestellt wird, ist die Analyse der vorhergehenden Charge gültig, bis eine Probe der neuen Charge entnommen und analysiert wird.
- 2.8 Die Probenahme einer neuen Charge, die auf eine mit denselben Parametern hergestellte Produktionscharge folgt, sollte innerhalb eines Jahres nach der letzten Probenahme und Analyse erfolgen. Die Probenahme sollte während des Inspektionsbesuchs abgeschlossen werden.
- 2.9 Eine Pyrolyseanlage kann innerhalb der Referenzzeit von einem Jahr mehrere Chargen produzieren, wenn sich die Einsatzstoffe und/oder Produktionsbedingungen ändern. Die Unterbrechung einer Charge muss registriert werden, bevor eine andere Charge mit ihrer eigenen ID gestartet oder wieder aufgenommen wird, und es muss angegeben werden, ob die Charge beendet oder zu einem späteren Zeitpunkt fortgesetzt werden soll.

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 Probenehmer ist entweder dieselbe Person wie der von der Kontrollstelle bio.inspecta AG entsandte Kontrolleur oder ein firmeninterner oder externer Probenehmer, der erfolgreich an der offiziellen EBC-Probenahmeschulung teilgenommen hat.

- 3.3 Die Probe muss auf der EBC-Website registriert werden, wo die Proben-ID und der Laborauftrag für die EBC-Analyse generiert werden.
- 3.4 Die versiegelte Probe muss zusammen mit der EBC-Proben-ID und dem Auftrag für die Analyse an das ausgewählte akkreditierte EBC-Labor geschickt werden.
- 3.5 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. Zulässige 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 Zertifizierungsklasse gelten bestimmte Einschränkungen, die aus der EBC-Positivliste hervorgehen. So dürfen zum Beispiel für EBC-Futter nicht alle Biomassen verwendet werden, die für EBC-Rohstoff 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 zugesetzt werden. Bei einem Zusatz von mehr als 10% bezogen auf die Pflanzenkohle-Masse wird die Genehmigung durch Carbon Standard International erforderlich. 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 Zertifizierungsklassen 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-Zertifizierungsklasse	EBC-FutterPlus	EBC-Futter	EBC-AgroBio	EBC-Agro	EBC-Urban	EBC-Gebrauchsmaterial	EBC-Rohstoff
Elementaranalyse	Angabe von Ctot, Corg, H, N, O, S, Asche						
	H/Corg	< 0.4		< 0.7			
Physikalische Parameter	Wassergehalt, Trockensubstanz, Schüttdichte (Anlieferungszustand und < 3mm Partikelgröße), WHC, pH, Salzgehalt, elektrische Leitfähigkeit des Feststoffes						
TGA	Muss für das erste Batch einer Pyrolyseanlage vorgelegt werden.						
Nährstoffe	Angabe von N, P, K, Mg, Ca, Fe						
Schwermetalle	Pb	10 g t-1 (88% TS)	10 g t-1 (88% TS)	45 g t-1 TS	120 g t-1 TS	120 g t-1 TS	120 g t-1 TS
	Cd	0.8 g t-1 (88% TS)	0.8 g t-1 (88% TS)	0.7 g t-1 TS	1,5 g t-1 TS	1,5 g t-1 TS	1,5 g t-1 TS
	Cu	70 g t-1 TS	70 g t-1 TS	70 g t-1 TS	100 g t-1 TS	100 g t-1 TS	100 g t-1 TS
	Ni	25 g t-1 TS	25 g t-1 TS	25 g t-1 TS	50 g t-1 TS	50 g t-1 TS	50 g t-1 TS
	Hg	0.1 g t-1 (88% TS)	0.1 g t-1 (88% TS)	0.4 g t-1 TS	1 g t-1 TS	1 g t-1 TS	1 g t-1 TS
	Zn	200 g t-1 TS	200 g t-1 TS	200 g t-1 TS	400 g t-1 TS	400 g t-1 TS	400 g t-1 TS
	Cr	70 g t-1 TS	70 g t-1 TS	70 g t-1 TS	90 g t-1 TS	90 g t-1 TS	90 g t-1 TS
	As	2 g t-1 (88% TS)	2 g t-1 (88% TS)	13 g t-1 TS	13 g t-1 TS	13 g t-1 TS	13 g t-1 TS
Organische Schadstoffe	16 EPA PAK	6.0+2.4 g t-1 TS	Meldung an CSI	6.0+2.4 g t-1 TS	6.0+2.4 g t-1 TS	Meldung an CSI	Meldung an CSI
	8 EFSA PAK	1.0 g t-1 TS					4 g t-1 TS
	Benzo[e]pyren, Benzo[j]fluoranthren	< 1.0 g t-1 TS for jede der beiden Substanzen					
	PCB, PCDD/F		Siehe Kapitel 10	Einmalige Analyse für erstes Batch einer Produktionsanlage. Für PCB: 0.2 mg kg-1 TS, für PCDD/F: 20 ng kg-1 (I-TEQ OMS).			

* medical and health care products are not included

Tab.1: Übersicht über die wichtigsten analytischen Parameter für EBC Pflanzenkohle.

6.3 Zusätzliche oder strengere Grenzwerte, die nur für bestimmte Länder gelten, sind im jeweiligen Länderanhang geregelt (siehe Anhang A5ff).

6.4 Pflanzenkohle der Klassen EBC-FutterPlus, EBC-Futter, EBC-Agro, EBC-AgroBio und EBC-Urban muss auf einen Wassergehalt eingestellt werden, der die Staubbildung und damit auch die Selbstentzündung verhindert (empfohlen sind 30%). Pflanzenkohle der Klassen EBC-Gebrauchsmaterial und EBC-Rohstoff darf mit einem geringeren Wassergehalt verkauft werden, sofern entsprechende Sicherheitsvorkehrungen, insbesondere im Hinblick auf Explosions- und Gesundheitsschutz, getroffen wurden. Diese Pflanzenkohlen dürfen nur dann an Geschäftskunden (B2B) verkauft werden, wenn diese die entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen treffen.

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 bietet Carbon Standard International eine wissenschaftlich fundierte, praxisnahe und gesetzeskonforme Kontrollgrundlage an. Durch das EBC-Zertifikat kann die nachhaltige Produktion von Pflanzenkohle sichergestellt werden. Damit können Pflanzenkohle-Produzenten die Qualität der Pflanzenkohle gegenüber Anwendern und Behörden nachweisen und 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 werden veröffentlicht. 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.

2. Definition von Pflanzenkohle

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 wird hier als ein Spezialfall der Pyrolyse verstanden 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.

Pflanzenkohle ist ein äußerst vielseitiges Material mit einer wachsenden Anzahl von Anwendungen in der Landwirtschaft, der Umwelttechnik und der Grundstoffindustrie. Jede Anwendung, wie z.B. die Verwendung als Bodenverbesserungsmittel, Futtermittel oder als Zusatzstoff für Baumaterialien, Textilien und Kunststoffe, erfordert spezifische Pflanzenkohle-Qualitäten. Daher erfordert jede Anwendung geeignete Zertifizierungsparameter, die spezifiziert, kontrolliert und garantiert werden müssen.

3. Die EBC-Zertifizierungs-klassen

Um mit der wachsenden Zahl der Anwendungen von Pflanzenkohle Schritt zu halten, hat das EBC eine Reihe von Zertifizierungs-klassen eingeführt. Je nach Anforderungen und Sicherheitsvorschriften der verschiedenen Anwendungen gelten unterschiedliche Grenzwerte und andere Kontrollparameter. Mit der Veröffentlichung von EBC v10.0 wurde die Zertifizierungs-klasse EBC-Rohstoff als grundlegende und fundamentale Zertifizierungs-klasse eingeführt. Sie definiert, was gemäß EBC als Pflanzenkohle angesehen werden kann und was nicht. Sie erfüllt alle Anforderungen der EU-REACH-Verordnung [1]. Alle gegenwärtigen und zukünftigen Zertifizierungs-klassen erfüllen mindestens die Anforderungen von EBC-Rohstoff und erfüllen somit auch alle Anforderungen der EU-REACH-Verordnung. Alle EBC-Zertifizierungs-klassen sind zur C-Sink-Zertifizierung berechtigt.

Die Definition einer Zertifizierungs-klasse (z.B. EBC-Urban oder EBC-Gebrauchsmaterialien) trifft eine Aussage über die Zulässigkeit von Pflanzenkohle für einen bestimmten Zweck in Bezug auf geltende Gesetze, Vorschriften und relevante Industrienormen. Die Zuordnung zu einer Zertifizierungs-klasse ist keine Aussage über die Vorzüglichkeit von Pflanzenkohle (d.h. gute, bessere oder beste Pflanzenkohle für einen bestimmten Zweck/eine bestimmte Verwendung), sondern unterscheidet zwischen Pflanzenkohle, die für eine bestimmte Art der Anwendung (z.B. in der Landwirtschaft oder im Bauwesen) zulässig oder unzulässig ist. Jede Anwendung und damit jede Zertifizierungs-klasse hat ihre eigenen Anforderungen.

Beim Verkauf an Endnutzer (B2C) muss jede Pflanzenkohle und jedes auf Pflanzenkohle basierende Produkt entsprechend der jeweiligen EBC-Zertifizierungs-klasse gekennzeichnet werden. Wenn eine Pflanzenkohle beispielsweise als Baumaterial verkauft wird, muss sie als EBC-Rohstoff gekennzeichnet sein. Eine als EBC-Agro gekennzeichnete Pflanzenkohle kann nicht als Baumaterial gehandelt werden. Als EBC-Futter gekennzeichnete Pflanzenkohle kann nicht als Bodenverbesserungsmittel verkauft werden. Eine Verpackungseinheit für Endnutzer darf nicht mit mehr als einer Zertifizierungs-klasse gekennzeichnet werden.

Beim Verkauf an andere Unternehmen (B2B), welche Pflanzenkohle verarbeiten oder handeln, kann die Pflanzenkohle auch mit mehreren Zertifizierungs-klassen gekennzeichnet werden. So kann eine Pflanzenkohle zum Beispiel sowohl mit EBC-FutterPlus, EBC-Agro, EBC-Gebrauchsmaterialien und EBC-Rohstoff zertifiziert und mit diesen verschiedenen Zertifizierungs-klassen an andere Unternehmen (B2B) verkauft werden. Ein EBC-zertifizierter Pflanzenkohle-Verarbeiter kann dann seine Produkte den vorhandenen Zertifizierungs-klassen entsprechend für Endnutzer auszeichnen. Es ist somit möglich aus einer Pflanzenkohle-Lieferung, welche mit mehreren Zertifizierungs-klassen ausgezeichnet ist, verschiedene Produkte mit einer jeweils unterschiedlichen Zertifizierungs-klasse an Endnutzer zu vermarkten.

Obwohl EBC-FeedPlus-zertifizierte Pflanzenkohle alle Anforderungen aller anderen Zertifizierungs-klassen erfüllt, ist eine allgemeine "Abwärtskompatibilität" innerhalb des EBC nicht gegeben. Dies ist auch nicht beabsichtigt, da die Anforderungen an die Eigenschaften

von Pflanzenkohle je nach Anwendungsbereich sehr unterschiedlich und teilweise auch widersprüchlich sein können. Dies wird sich mit der zunehmenden Professionalisierung der Produktgestaltung von Pflanzenkohle und dem Fortschritt in Forschung und Entwicklung noch verstärken.

Pflanzenkohle mit EBC-FutterPlus Zertifizierung erfüllt alle EU- und EFTA-Vorschriften, die sowohl für die Fütterung von Tieren als auch für die Anwendung auf landwirtschaftlichen Böden relevant sind [2,3]. Sie kann somit in Tierhaltungsbetrieben und auch auf Böden eingesetzt werden. Pflanzenkohle mit EBC-Futter-Zertifizierung erfüllt ebenfalls alle Anforderungen der EU-Futtermittelverordnung [2], nicht aber die der EU-Düngemittelverordnung [3], die teilweise strenger ist als die EU-Futtermittelverordnung. Dennoch sind die Risiken für Tiere gering. Daher kann Pflanzenkohle mit EBC-Futter Zertifikat zur Fütterung verwendet werden, darf aber nach der geltenden EU-Düngemittelverordnung nicht zur Verbesserung landwirtschaftlicher Böden eingesetzt werden (vgl. Kapitel 7.12). **Zusätzlich zur EBC-FeedPlus oder EBC-Futter-Zertifizierung muss ein Pflanzenkohlehersteller gemäß den jeweiligen nationalen Anforderungen als Futtermittelhersteller zugelassen sein.**

Mit **EBC-Agro** und **EBC-AgroBio** zertifizierte Pflanzenkohle erfüllt alle Anforderungen der neuen EU-Düngemittelverordnung [3]. Mehrere EU-Länder wie Österreich, Schweden und Ungarn haben die Verwendung von Pflanzenkohle gemäß den Anforderungen von EBC-Agro auf nationaler Ebene zugelassen. Auf der Grundlage dieser nationalen Zulassungen können diese Pflanzenkohlen exportiert und in allen anderen EU-Ländern verwendet werden. Mehrere EU- und EFTA-Länder haben ihre eigenen Beschränkungen für die landwirtschaftliche Verwendung von Pflanzenkohle. Die Schweiz zum Beispiel verlangt die Zertifizierung nach EBC-AgroBio, erlaubt aber nur holzige Biomasse als Ausgangsmaterial für die Pyrolyse und hat geringere Grenzwerte für $\Sigma 16$ EPA PAKs (siehe Anhang Schweiz).. Deutschland verlangt derzeit einen Mindestgehalt an Kohlenstoff von 80% für Pflanzenkohle («Holzkohle»), die aus unbehandeltem Holz hergestellt werden muss. Schweden hat Grenzwerte festgelegt, die über die EU-Verordnung und EBC-Agro hinausgehen und die im Schweden-Anhang des EBC geregelt sind. Das EBC-AgroBio Zertifikat erfüllt alle Anforderungen der Verordnung der EU-Kommission über den ökologischen Landbau [4]. Die jeweiligen Spezifikationen und Grenzwerte werden kontinuierlich an die Weiterentwicklung der einschlägigen europäischen Gesetzgebung und den wissenschaftlichen Fortschritt angepasst.

EBC-Urban bietet einen strengen Standard für die Verwendung von Pflanzenkohle bei der Baumbepflanzung, bei der Pflege von Parks, der Verschönerung von Gehwegen, für Zierpflanzen und bei der Regenwasserableitung und -filterung. Die Hauptrisiken bei all diesen Verwendungen sind die Verunreinigung des Grund- und Oberflächenwassers und die Risiken bezüglich der Arbeitssicherheit, denen die EBC-Urban-Zertifizierung wirksam vorbeugt. Da die städtische Anwendung von Pflanzenkohle nicht der landwirtschaftlichen Gesetzgebung unterliegt, wurden einige Parameter und ihre jeweiligen Grenzwerte so angepasst, dass sie der speziellen Matrix Pflanzenkohle besser Rechnung tragen. Zum Beispiel ist der EBC-Urban-Grenzwert für PAKs im Wesentlichen auf die acht krebserregenden PAK der 16 EPA-PAK beschränkt, wobei der gleiche Grenzwert wie für

EBC-Futter und EBC-Agro verwendet wird. PAK sind in städtischen Umgebungen allgegenwärtig (z.B. durch Reifenabrieb und Autoabgase), und auf städtische Böden aufgebrachte Pflanzenkohle wirkt als Adsorber dieser Umweltgifte, sofern niedrige PAK-Gehalte in der Pflanzenkohle gewährleistet sind (wie es bei Verwendung von Pflanzenkohle mit EBC-Urban Zertifikat der Fall ist).

EBC-Urban zertifizierte Pflanzenkohle darf nicht als Bodenverbesserungsmittel für die Nahrungs- oder Futtermittelproduktion verwendet werden. Wenn Pflanzenkohle in städtischen Gemeinschaftsgärten oder Hausgartenprojekten verwendet werden soll, wird die EBC-Agro oder EBC-AgroBio Qualität empfohlen. EBC-Urban kann auch für die Sanierung von kontaminierten Böden, Sedimenten oder Grundwasser, für die Produktion von Zierpflanzen und für Baumschulen eingesetzt werden. EBC-Agro und EBC-AgroBio zertifizierte Pflanzenkohlen erfüllen alle Anforderungen von EBC-Urban und können für alle städtischen Bodenwendungen verwendet werden.

Die Zertifizierungsclassen **EBC-Gebrauchsmaterial** und **EBC-Rohstoff** decken alle notwendigen Umweltaforderungen für Nicht-Bodenwendungen ab.

EBC-Gebrauchsmaterial ist für Pflanzenkohle bestimmt, die in Produkten verwendet wird, die in direkten Hautkontakt mit Verbrauchern oder mit Lebensmitteln kommen können. Beispiele wären Kaffeebecher zum Mitnehmen, Computergehäuse aus Kunststoff, Zahnbürsten, Teppiche, Textilien, Blumentöpfe, Wasserrohre usw. Dies gilt jedoch nicht für Medizin- und Gesundheitsprodukte oder Lebensmittel. Die Pflanzenkohle muss eingesetzt werden, dass bei der Verwendung des Produkts kein Kohlestaub freigesetzt wird.

Sowohl EBC-Gebrauchsmaterial als auch EBC-Rohstoff dürfen nicht in der Landwirtschaft oder für andere Bodenwendungen wie die Pflanzung von Stadtbäumen, die Bodensanierung oder die Rekultivierung von Bergwerken verwendet werden. Nach EBC-Rohstoff zertifizierte Pflanzenkohlen dürfen nicht direkt an Privatkunden (B2C) verkauft werden, sondern werden ausschließlich an andere Unternehmen (B2B) gehandelt, bei denen eine angemessene Handhabung (d.h. Vermeidung von Staubeentwicklung, Atemschutz, Vermeidung von Hautkontakt) gewährleistet werden kann.

Die Zertifizierungsclassen EBC-Rohstoff definiert, was als *Pflanzenkohle* angesehen und als nachhaltiger Rohstoff verwendet werden kann. Andere feste Rückstände aus der Pyrolyse oder Vergasung von Biomasse, die die EBC-Rohstoff-Grenzwerte überschreiten, müssen als (potenziell) giftiger Abfall betrachtet und gemäß den lokalen, nationalen oder internationalen Gesetzen als Abfall entsorgt werden. Pyrolyseprodukte aus Rohstoffen, die nicht auf der EBC-Rohstoff-Positivliste aufgeführt sind (z.B. Industrieabfälle oder fossiler Kohlenstoff wie Braunkohle), sollten nicht als Pflanzenkohle betrachtet werden und dürfen nicht unter dem EBC-Siegel gehandelt werden.

Für alle Zertifizierungsclassen gelten dieselben Kriterien bezüglich Nachhaltigkeit und Qualitätssicherung in Bezug auf die Produktion von Pflanzenkohle (d.h. Emissionen, Lagerung von Rohstoffen, Definition von Chargen, Kontrolle der Pyrolyseparameter), Probenahme und Inspektion vor Ort.

Zertifizierungsclassen für spezifische Industrien, die Pflanzenkohlequalitäten für die Verwendung in Baumaterialien, Polymeren, Textilien und anderen Materialien definieren, werden ab 2022, je nach Nachfrage der jeweiligen Industrien, entwickelt.

Wenn europäische Pflanzenkohleproduzenten an der Definition und Einbindung neuer Zertifizierungsclassen in das EBC interessiert sind, sollten sie einen Antrag an Carbon Standards International (standards@carbon-standards.com) senden. Der wissenschaftliche Beirat des EBC wird den Antrag eingehend prüfen und entweder die Zertifizierungsclassen hinzufügen oder die Gründe für die Ablehnung veröffentlichen.

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.

4. Eingesetzte Biomasse

- 4.1 Zur Herstellung von Pflanzenkohle dürfen ausschließlich Biomassen und keine fossilen Kohlenstoffe verwendet werden. Welche Biomassen je nach Zertifizierungsstufe zulässig sind, ergibt sich aus der EBC-Positivliste zulässiger Biomassen zur Herstellung von Pflanzenkohlen (Anhang 1).
- 4.2 Absichtlich gemischte Ausgangsstoffe, die fossilen Kohlenstoff enthalten, oder Produkte, die aus fossilem Kohlenstoff und Biomasse hergestellt werden, können für EBC-Rohstoff zugelassen werden, wenn eine ordnungsgemäße Rückverfolgung des organischen und fossilen Kohlenstoffs gewährleistet ist. Die Verwendung solcher gemischten fossil-organischen Kohlenstoffe bedarf der schriftlichen Genehmigung von Carbon Standards International.
- 4.3 Die saubere Trennung von nicht-biogenen Fremdstoffen wie Metallen, Bauschutt, Elektronikschrott etc. muss gewährleistet sein.
- 4.4 Für die Herstellung von EBC-FeedPlus, EBC-Feed und EBC-Agro Qualitäten dürfen die verwendeten Biomassen keine Farbstoffe, Lösungsmittel oder andere potentiell toxische Verunreinigungen aufweisen.
- 4.5 Für die Herstellung von EBC-FutterPlus, EBC-Futter, EBC-Agro, EBC-AgroBio und EBC-Urban darf die unvermeidbare Verunreinigung der Biomasse durch Kunststoff- und Gummiabfälle 1% (m/m) nicht überschreiten. Für die Herstellung von Pflanzenkohle für Werkstoffe (EBC-Gebrauchsmaterial, EBC-Rohstoff) können Kunststoff- und Gummianteile von bis zu 10% akzeptiert werden, allerdings sind diese deklarationspflichtig und bedürfen der schriftlichen Genehmigung von Carbon Standards International. Im letzteren Fall kann Carbon Standards International zusätzliche Anforderungen an den Pyrolyseprozess festlegen sowie zusätzliche Analysen verlangen, um die Sicherheit des Produkts und seiner Anwendung zu gewährleisten, und den aus Kunststoffen gewonnenen Kohlenstoff vom C-Senken-Potenzial der Pflanzenkohle abzuziehen. Auf der Grundlage laufender Forschungen, die zeigen, dass Kunststoffe unter definierten Pyrolysebedingungen vollständig eliminiert werden, könnten 2022/23 höhere Grenzwerte für die Kunststoffkontamination des Einsatzmaterials eingeführt werden.
- 4.6 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.

4.7 Pflanzkohle 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.

4.8 Die Pyrolyse von Biogas-Gülle, die tierische Nebenprodukte wie Mist und Gülle enthalten, ist für alle Zertifizierungsklassen außer EBC-FutterPlus und EBC-Futter zugelassen. Die Pyrolyse muss für mindestens 3 Minuten eine Temperatur von mindestens 500 °C erreichen, um biologische Gefahren und Mikroverunreinigungen auszuschließen. Die Verwendung für industrielle Materialien sollte vermieden werden, um die wertvollen Pflanzennährstoffe aus den Düngemitteln zu erhalten. Um Gesundheitsrisiken für Arbeiter während der Handhabung der tierischen Nebenprodukte zu vermeiden, muss ein Behandlungsplan für die tierischen Nebenprodukte von der Ankunft am Produktionsstandort bis zur Pyrolyse vorgelegt und von Carbon Standards International genehmigt werden.

4.9 Klärschlamm kann als Ausgangsmaterial für die Herstellung von EBC-Rohstoff verwendet werden, vorausgesetzt, dass Gesundheitsrisiken für Arbeitnehmer beim Umgang mit dem Klärschlamm vermieden werden. Ein Behandlungsplan für die Klärschlämme von der Ankunft am Produktionsstandort bis zur Pyrolyse muss vorgelegt und von Carbon Standards International genehmigt werden. Die Pyrolyse muss für mindestens 3 Minuten eine Temperatur von mindestens 500 °C erreichen, um biologische Gefahren und Mikroverunreinigungen auszuschließen.

Leider sind die Schwermetallgehalte der meisten Klärschlämme in der Regel zu hoch für EBC-Agro und EBC-Urban und damit für die Verwendung als Düngemittel. Einige Länder haben Düngemittel- oder Abfallwirtschaftsverordnungen erlassen, die auf dem Verhältnis von Nährstoffen zu Schwermetallen und nicht auf dem Gesamtgehalt an Schwermetallen basieren. Basierend auf dieser Regelung wurde zum Beispiel in Dänemark die Pyrolyse zur Behandlung von Klärschlamm und die Bodenausbringung der Pyrolysate ermöglicht.

Auf Grundlage von jeweiligen Länderanhängen kann die Bodenausbringung von pyrolysierten Klärschlämmen in den entsprechenden Ländern zertifiziert werden. Die Zulassung gilt aber nur in den Ländern mit entsprechendem Länder-Anhang, nicht in den anderen Ländern im Gültigkeitsbereich des EBC.

4.10 Mineralische Zusätze wie Gesteinsmehle und Aschen, die in der EBC-Positivliste (Anhang 1) aufgeführt sind dürfen zur Lenkung der Pflanzkohlequalität eingesetzt werden, sind aber deklarationspflichtig. Wenn sie mehr als 10 % Masse der Pflanzkohle beitragen, bedarf dies der schriftlichen Genehmigung durch Carbon Standard International. Bei einer Zugabe von mehr als 10 % kann Carbon Standard

International zusätzliche Qualitätskontrollen hinsichtlich organischer und anorganischer Schadstoffe verlangen. Bei EBC-Futter sind bisher keine mineralischen Zusätze zugelassen.

- 4.11 Die Eingangsbelege für die verarbeiteten Biomassen und Zuschlagsstoffe müssen vollständig vorliegen und für mindestens fünf Jahre archiviert werden.

Wenn Hersteller von Pflanzenkohle daran interessiert sind, neue Biomassen oder mineralische Zusatzstoffe in die EBC-Positivliste aufzunehmen, sollten Sie einen Antrag an Carbon Standards International senden. Der wissenschaftliche Beirat des EBC wird den Antrag eingehend prüfen und entweder den Rohstoff hinzufügen oder die Gründe für die Ablehnung veröffentlichen. Carbon Standard International steht bereit, nationale Anhänge zu definieren, um die allgemeine EBC-Zertifizierung mit allfälligen Änderungen nationaler Gesetze und Bestimmungen, z.B. bezüglich zulässiger Ausgangsmaterialien, jeweils zeitnah in Einklang zu bringen.

5. Pflanzenkohle-Charge und deren Anmeldung

Als Definition einer einheitlichen Pflanzenkohle-Charge gilt:

- 5.1 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. Die ID-Nummer und der QR-Code gewährleisten die Rückverfolgbarkeit des Ausgangsmaterials (Biomasse), der Produktionsbedingungen und der Qualität der Pflanzenkohle.
- 5.2 Eine Produktionscharge dauert inklusive jedweder Produktionsunterbrechung maximal 365 Tage.
- 5.3 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. Je nach Produktionsprozess, muss Pflanzenkohle aus dem Anfahr- und Abschaltprozess der Anlage sorgfältig abgetrennt und dokumentiert werden und darf nicht als EBC-FutterPlus, EBC-Futter, EBC-AgroBio oder EBC-Agro vermarktet werden. Der genaue Umgang mit der Pflanzenkohle aus dem Anfahr- und Abschaltprozess wird im Betriebshandbuch geregelt.
- 5.4 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.
- 5.5 Wenn ein Hersteller von Pflanzenkohle zum ersten Mal eine Produktionscharge registriert, muss innerhalb der ersten zwei Monate nach der Registrierung eine repräsentative Probenahme durch einen akkreditierten Probenehmer durchgeführt werden.
- 5.6 Nachdem eine Produktionscharge abgelaufen ist, muss eine nachfolgende, neue Produktionscharge auf der EBC-Website registriert werden.
- 5.7 Wenn die neue Produktionscharge mit denselben Parametern wie die vorhergehende Charge hergestellt wird, ist die Analyse der vorhergehenden Charge gültig, bis eine Probe der neuen Charge entnommen und analysiert wurde.

- 5.8 Die Probenahme einer neuen Charge, die auf eine mit denselben Parametern hergestellte Produktionscharge folgt, hat innerhalb eines Jahres nach der letzten Probenahme und Analyse zu erfolgen. Die Probenahme sollte während des Inspektionsbesuchs abgeschlossen werden.
- 5.9 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. Außerdem muss die tägliche Entnahme der Rückstellprobe aufgezeichnet werden (siehe Kapitel 6.3 Rückstellprobe).
- 5.10 Die Produktionsmengen jeder Charge müssen täglich dokumentiert werden.
- 5.11 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.
- 5.12 Eine Pyrolyseanlage kann innerhalb der Referenzzeit von einem Jahr mehrere Chargen produzieren, wenn die Einsatzstoffe und/oder Produktionsbedingungen geändert werden. Die Unterbrechung einer Charge muss registriert werden, bevor eine andere Charge mit ihrer eigenen ID gestartet oder wieder aufgenommen wird, und es muss angegeben werden, ob die Charge beendet oder fortgesetzt werden soll.

Eine Charge kann neu gestartet werden, nachdem eine oder mehrere andere Chargen dazwischen produziert wurden. Dennoch muss die Charge spätestens 365 Kalendertage nach dem ersten Start beendet werden (vgl. 2.2.).

Sobald entweder Punkt 5.4 oder Punkt 5.5 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.

6. Probenahme

6.1 Repräsentative Analyseprobe

Seit 1. Januar 2021 müssen die Pflanzkohle-Proben, die zur EBC-Analytik an das akkreditierte Labor eingesendet werden, zwingend von einem akkreditierten Probenehmer durchgeführt werden. Der Probenahmeplan wird während des Erstaudits erarbeitet und muss von Carbon Standard International genehmigt werden, er wird im online Betriebshandbuch dokumentiert. Der akkreditierte Probenehmer hat dabei dem betriebsspezifischen Probenahmeplan zu folgen.

Die akkreditierte Kontrollstelle ist jederzeit berechtigt, selbst und unangekündigt Pflanzkohle- und Biomasseproben zu entnehmen und diese an ein akkreditiertes Labor oder an Carbon Standard International zu senden.

6.2 Einsendung der repräsentativen Probe

Die repräsentativen Analyseproben müssen vom akkreditierten Probenehmer versiegelt und vor dem Versand auf der EBC-Webseite angemeldet werden. Der Produzent sendet die versiegelte Probe an das von ihm ausgewählte EBC-akkreditierte Labor.

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

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

6.2.3. Das akkreditierte Labor sendet die Analyseergebnisse an den Betrieb und in Kopie an die akkreditierte Kontrollstelle, Carbon Standards International und an das Ithaka Institut.

6.2.4. Carbon Standards International und das Ithaka Institut haben das Recht, die Analyseergebnisse anonymisiert für statistische Auswertungen zu verwenden.

6.3 Rückstellprobe

Zusätzlich zur EBC-Analyse-Probe sind die Hersteller verpflichtet, selbst regelmäßig (in der Regel tägliche) Rückstellproben zu ziehen und diese für mindestens zwei Jahre

aufzubewahren. Die genaue Vorschrift wird beim Erstaudit festgelegt. Sollte beim Erstaudit kein 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 [5].

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.

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

7. 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 Zertifizierungsstufe relevant sind und mit vertretbarem finanziellem 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.

Zusätzliche oder verschärfte Grenzwerte, die nur für bestimmte Länder gelten, sind im jeweiligen Länderanhang geregelt (siehe Anhang A5ff).

7.1 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 Nusschalen zwischen 70 und 90%.

In früheren Versionen des EBC-Zertifikats galt für Pflanzenkohlen ein Mindestgehalt an organischem Kohlenstoff von 50%. Alle unter diesem Grenzwert liegenden Pyrolyseprodukte galten unter der alten Definition als Pyrolysate (pyrogenic carbonaceous materials, 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.

7.2 Das molare H/C_{org} -Verhältnis muss kleiner als 0,7 und für EBC-FutterPlus und EBC-Futter kleiner als 0,4 sein.

Aus dem molaren H/C_{org} -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 [6]. Für EBC-FeedPlus und EBC-Futter muss H/C_{org} weniger als 0,4 betragen (vgl. Kapitel 10). Für EBC-Futter sind Pflanzenkohlen mit $H/C_{org} < 0,7$ während einer Übergangsfrist bis zum 31. Dezember 2023 (spätest mögliches Ende einer Charge) noch erlaubt.

7.3. Das molare O/C_{org} -Verhältnis muss kleiner als 0,4 sein.

Ergänzend zum molaren H/C_{org} -Verhältnis ist auch das molare O/C_{org} -Verhältnis für die Charakterisierung von Pflanzenkohle und ihre Unterscheidung zu anderen kohleartigen Produkten relevant [6]. 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_{org} -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.

7.4 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 integraler Bestandteil von Pflanzenkohle und für verschiedene Funktionen der Pflanzenkohle von Bedeutung [7,8].

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.

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

Die Schwankungen der Nährstoffgehalte verschiedener Pflanzenkohlen können sehr hoch sein. Die Nährstoffe können bis zu einem Drittel des Gesamtgewichts ausmachen. Es ist zu beachten, dass diese Nährstoffe aufgrund 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 [9].

Für den Einsatz in der Landwirtschaft und Tierhaltung ist die Angabe dieser Nährstoffgehalte gesetzlich vorgeschrieben. Für Materialnutzungen 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-Gebrauchsmaterial und EBC-Rohstoff verpflichtend ist.

7.6 Die Grenzwerte für Schwermetalle dürfen nicht überschritten werden.

Die folgenden Höchstwerte für Schwermetallgehalte basieren für EBC-Agro auf der EU-Düngemittelverordnung EU 2019/1009 [10], der Bundesbodenschutzverordnung [11] und für EBC-AgroBio auf der EU-Verordnung 2019/2164 über den ökologischen Landbau und der Schweizerischen Verordnung zur Risikoreduktion bei chemischen Produkten (ChemRRV). Nach dem Vorsorgeprinzip müssen EBC-Urban und EBC-Gebrauchsmaterial die gleichen Schwermetallgrenzwerte einhalten wie EBC-Agro. Da die unter EBC-Rohstoff zertifizierte Pflanzenkohle in Materialien eingebaut werden, aus denen die Pflanzenkohle nicht auslaugen kann, gelten keine Grenzwerte für Schwermetalle.

Silber wurde 2021 in die Liste der zu analysierenden Schwermetalle aufgenommen. Es wird allerdings kein Grenzwert angewendet. Für EBC-Futter gelten zusätzliche Parameter und Methoden, die in Kapitel 10 beschrieben werden.

Tab. 2: Grenzwerte für Schwermetalle nach EBC-Zertifizierungsclassen, bezogen jeweils auf die Trockensubstanz (TS) der Pflanzenkohle.

	EBC-FutterPlus / EBC-Futter	EBC-AgroBio	EBC-Agro / EBC-Urban / EBC-Gebrauchsmaterial	EBC-Rohstoff
Pb	10 g t-1 (88%TS)	45 g t-1 TS	120 g t-1 TS	kein Grenzwert, nur deklarationspflichtig
Cd	0.8 g t-1 (88% TS)	0.7 g t-1 TS	1,5 g t-1 TS	
Cu	70 g t-1 TS	70 g t-1 TS	100 g t-1 TS	
Ni	25 g t-1 TS	25 g t-1 TS	50 g t-1 TS	
Hg	0.1 g t-1 (88% TS)	0.4 g t-1 TS	1 g t-1 TS	
Zn	200 g t-1 TS	200 g t-1 TS	400 g t-1 TS	
Cr	70 g t-1 TS	70 g t-1 TS	90 g t-1 TS	
As	2 g t-1 (88% TS)	13 g t-1 TS	13 g t-1 TS	
Ag	kein Grenzwert, nur deklarationspflichtig			

Schwermetalle sind Bestandteil aller Ökosysteme. Auch in natürlichen, von menschlichen Aktivitäten kaum beeinflussten Böden nimmt jedwede Pflanzen 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 2 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.

Bei industriellen Anwendungen, einschließlich der Verwendung von Pflanzenkohle in Asphalt, Beton und Verbundwerkstoffen, ist das Risiko, dass Schwermetalle in die Umwelt ausgewaschen werden oder die Nutzer dieser industriellen Materialien schädigen, im Allgemeinen recht gering. Aus diesem Grund verlangt EBC-Rohstoff nur die Deklaration von Schwermetallgehalten, legt aber keine Grenzwerte fest. 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.

7.7 pH-Wert, Salzgehalt, 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. Der Salzgehalt, gemessen über die elektrische Leitfähigkeit des Waschwassers von Pflanzenkohle, kann auf eine Verunreinigung des Ausgangsmaterials hinweisen und sollte daher gemessen werden. Schüttdichte (bezogen auf Trockensubstanz) und Wassergehalt sind notwendige Angaben für den Handel mit Pflanzenkohle sowie für die Herstellung gleichbleibender Substratmischungen.

Pflanzenkohle der Klassen EBC-Futter, EBC-Agro, EBC-AgroBio und EBC-Urban muss auf einen Wassergehalt eingestellt werden, der Staubbildung und damit auch Selbstentzündung verhindert (siehe auch Kapitel 9.3). Eine geeignete Lagerung muss verhindern, dass die Pflanzenkohle austrocknet. EBC empfiehlt zu diesem Zweck einen Wassergehalt von 30%. Für EBC-Gebrauchsmaterial und EBC-Rohstoff, die ausschließlich im B2B-Bereich gehandelt werden, gibt es keine Vorgaben zum Wassergehalt. Wenn die Pflanzenkohle jedoch mit einem Wassergehalt von weniger als 30% oder einem Wassergehalt, der die Staubbildung nicht wirksam verhindern kann, verkauft wird, müssen Hersteller und Händler die damit verbundenen Gefahren gemäß den einschlägigen Normen und lokalen, nationalen und internationalen Anforderungen angeben. Dazu gehören unter anderem Selbstentzündung, Staubexplosion und Gesundheitsgefahren durch das Einatmen von (Fein-)Staub. Geeignete Sicherheitsvorkehrungen müssen angegeben werden.

7.8 Messung des Wasserhaltevermögens (WHC).

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.

7.9 Elektrische Leitfähigkeit des Pflanzenkohle-Feststoffes

Die elektrische Leitfähigkeit von Pflanzenkohle ist ein äußerst wichtiger indirekter Parameter zum Vergleich von Chargen und der Homogenität der Pflanzenkohle innerhalb einer bestimmten Charge. Darüber hinaus wurde gezeigt, dass bestimmte Wirkungen von Pflanzenkohle im Boden, im Verdauungssystem, in anaeroben Fermentern, bei der Kompostierung und in bestimmten Verbund- und Baumaterialien mit der elektrischen Leitfähigkeit des Pflanzenkohle-Feststoffs zusammenhängen können. Sie sollte nicht mit der elektrischen Leitfähigkeit des Wassers, in dem Pflanzenkohle geschüttelt wurde, verwechselt werden, letztere Methode wird zur Abschätzung des Salzgehalts angewendet.

7.10 Spezifische Oberfläche und Porengrößenverteilung werden 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. Auch aufgrund der hohen Kosten und begrenzten Relevanz für die Beurteilung der Umweltauswirkungen wird die Messung der spezifischen Oberfläche und der Porengrößenverteilung als zusätzlicher Parameter empfohlen, ist aber nicht zwingend erforderlich.

7.11 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 polychlorierten Biphenylen (PCB) und polychlorierten Dibenzop-Dioxinen und -Furanen(PCDD/F) [12]. Aus diesem Grund wird außer für EBC-Futter eine einmalige Kontrolle pro Anlage als ausreichend erachtet. 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 der Grenzwerte liegen. Sollte die Kontrollstelle des EBC das Risiko einer Chlorbelastung der Ausgangsbiomassen für relevant halten, können zusätzliche PCB und PCDD/F-Analysen 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 [11,13].

Die Grenzwerte für PCB liegen bei 0,2 mg kg⁻¹ (DM) und für PCDD/F jeweils bei 20 ng kg⁻¹ (I-TEQ OMS).

7.12 Grenzwerte für PAK-Gehalte dürfen nicht überschritten werden.

	EBC-FutterPlus	EBC-Futter	EBC-AgroBio	EBC-Agro	EBC-Urban	EBC-Gebrauchsmaterial	EBC-Rohstoff
16 EPA PAK	6.0+2.4 g t ⁻¹ TS	Meldung an CSI	6.0+2.4 g t ⁻¹ TS	6.0+2.4 g t ⁻¹ TS	Meldung an CSI	Meldung an CSI	Meldung an CSI
8 EFSA PAK		1.0 g t ⁻¹ TS					4 g t ⁻¹ TS
benzo[e]pyrene benzo[j]fluoranthene		< 1.0 g t ⁻¹ TS für jede der beiden Substanzen					

* medical and health care products are not included

Tab. 3 Grenzwerte für PAK-Gehalte

Die Pyrolyse von organischen Materialien führt zur Bildung von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) [14]. Der PAK-Gehalt von Pflanzenkohle hängt in erster Linie von den Pyrolysebedingungen wie der Temperatur und der Trennung von Pflanzenkohle und Pyrolysegasen im Reaktor und beim Austrag ab [15,16]. Geeignete Produktionstechnologien können eine unerwünschte PAK-Kontamination der Pflanzenkohle vermeiden, sofern der Prozess korrekt gesteuert wird. Dies kann sowohl mit offenen Anlagen (z.B. Kon-Tiki) als auch mit modernen Pyrolysereaktoren erzielt werden. Die Art des für die Pflanzenkohleherstellung verwendeten Biomasse-Rohstoffs hat einen vernachlässigbaren Einfluss auf den PAK-Gehalt [17].

Bei der Herstellung von Pflanzenkohle werden PAK mit den Pyrolysegasen freigesetzt und bei deren Verbrennung zerstört. Je nach den Prozessbedingungen kann jedoch ein kleinerer oder größerer Teil der freigesetzten PAK von der gleichzeitig produzierten Pflanzenkohle adsorbiert werden. Wenn die Pflanzenkohle in Gegenwart von PAK-haltigem Pyrolysegas abkühlt, kondensieren erhebliche Mengen an PAK an den inneren und äußeren Oberflächen der Pflanzenkohle. Daher müssen Pflanzenkohle und Pyrolysegas bei Temperaturen getrennt werden, die keine Kondensation und Sorption von PAK auf der Pflanzenkohle zulassen. Eine kontrollierte Behandlung mit Wasserdampf kann dazu beitragen, die Ansammlung von PAK zu vermeiden.

Im Prinzip kann Pflanzenkohle mit einem sehr niedrigen PAK-Gehalt schon mit einfachsten Mitteln hergestellt werden, wie der Kon-Tiki [18] zeigt. Einige industrielle Pyrolyse- und Vergasungstechnologien, die in den letzten Jahrzehnten entwickelt wurden, führten jedoch zu Pflanzenkohle mit erhöhten PAK-Gehalten [19], was ein Hinweis auf unzureichende oder ungeeignete Produktionsführung ist. Die technische Machbarkeit der Herstellung von

Pflanzkohle mit sehr niedrigen PAK-Gehalten wird von allen EBC-zertifizierten Pflanzkohleunternehmen und ihren Technologielieferanten seit 2012 unter Beweis gestellt.

Die einzelnen PAKs unterscheiden sich stark in ihrer Toxizität [20]. Die Art und der Grad der Toxizität (z.B. Genotoxizität, Karzinogenität, Ökotoxizität) hängen von der Molekularstruktur, der Konzentration, der Bioverfügbarkeit, dem Expositionsweg und dem zeitlichen Verlauf der Exposition ab. Die Bioverfügbarkeit für Mensch, Tier und Ökosystem eines PAH-Moleküls wird durch die Matrix bestimmt, an die das Toxin gebunden ist.

Wie Hilber et al. [21,22] gezeigt haben, wirkt Pflanzkohle, die dem Boden zugesetzt wird, eher als Senke denn als Quelle von PAK. Da PAKs in landwirtschaftlichen und städtischen Umgebungen allgegenwärtig sind, adsorbieren Pflanzkohlen mit niedrigem PAK-Gehalt mehr PAK aus dem Boden als sie in den Boden abgeben. Die hohe Adsorptionskapazität unterscheidet Pflanzkohlen von anderen Bodenhilfsstoffen wie Kompost, Gärresten, Mist und Düngern. Die Verwendung identischer PAK-Grenzwerte für Materialien mit geringer und hoher PAK-Adsorptionskapazität könnte daher in Frage gestellt werden.

Pflanzkohle ist nicht nur ein starker Adsorber für PAK [23], sondern auch die Bioverfügbarkeit der an Pflanzkohle gebundenen PAKs ist äußerst gering [21]. Im Vergleich zu Kompost, Gärresten, Düngemitteln, atmosphärischen Ablagerungen oder Heu, die jeweils wichtige Eintrittspunkte für PAK in landwirtschaftliche Systeme sind [24,25], ist die Bioverfügbarkeit von PAK aus Pflanzkohle am geringsten. Die Risiken von bioverfügbaren PAKs für Pflanzen, Bodenbiota, Tiere und Menschen sind recht gut bekannt und untersucht [20,26–28]; unseres Wissens nach wurde jedoch bisher nur eine erste Untersuchung über die spezifischen Risiken durch an Pflanzkohle gebundene PAKs veröffentlicht [29]. In Ermangelung einer angemessenen Risikobewertung hat das Vorsorgeprinzip die Regulierungsbehörden dazu veranlasst, für Pflanzkohle dieselben Grenzwerte für den PAK-Gehalt anzuwenden wie für Kompost oder Gärreste. Ein weiterer Grund für die Anwendung der gleichen PAK-Grenzwerte für alle Bodenverbesserungsmittel ist der Grundsatz, dass die Gesamtkonzentration von PAK im Boden nicht im Laufe der Zeit ansteigen darf und die Gesamtkonzentration unter den gesetzlich festgelegten Grenzwerten bleiben muss.

Hilber et al. 2019 [30] zeigten, dass die Verwendung niedriger PAK-Grenzwerte angemessen und vernünftig ist. Als Pflanzkohlen mit höheren Gehalten an PAK (bis zu 60 mg Σ 16 EPA-PAH pro kg Pflanzkohle) in den Pansen eines fistulierten Rindes eingebracht wurden, wurde mehr als die Hälfte der PAK aus der Pflanzkohle im Verdauungssystem der Kuh freigesetzt und könnte somit das biologische System und die Tiergesundheit beeinträchtigt haben. Daher wurden unter Anwendung des Vorsorgeprinzips und unter Beachtung bestehender Vorschriften für andere Substrate und Materialien in der Landwirtschaft und

Industrie die EBC-Grenzwerte für PAK auf Grundlage der folgenden bestehenden gesetzlichen Vorschriften und Überlegungen festgelegt:

In der anstehenden Novelle der neuen EU-Düngemittelverordnung wird ein Grenzwert von 6 mg kg^{-1} TS für die Summe der 16 EPA-PAH festgelegt [3,31]. Seit 2021 gilt dieser Grenzwert für EBC-Agro. Die Liste der 16 einzelnen PAH-Verbindungen wurde von der U.S. Environmental Protection Agency zusammengestellt, um die Überwachung und Regulierung von PAHs zu ermöglichen. Diese 16 Verbindungen wurden aus Hunderten von PAK [32] aufgrund ihrer Umweltrelevanz, ihrer Toxizität und der Möglichkeit, sie zu messen, ausgewählt.

Der Grund für die Verwendung der 16 EPA-PAKs als Referenz und die Auswahl solcher niedriger Grenzwerte basiert, wie oben erläutert, nicht auf der Pflanzenkohle-Wissenschaft oder Pflanzenkohle-spezifischen Risikobewertungen, sondern ausschließlich auf Grenzwerten, die für andere Bodenzusatzstoffe wie Kompost, Gärreste, Pflanzensubstrate und (kontaminierte) Böden festgelegt wurden. In Ermangelung von Untersuchungen, wie PAK in Pflanzenkohle die Umwelt und die Gesundheit gefährden können, war es einfacher und schneller, die niedrigsten bekannten Grenzwerte für jede Art von Bodenzusatzstoff zu verwenden und sie auch auf Pflanzenkohle anzuwenden. Die Alternative zu dieser pragmatischen Entscheidung wäre gewesen, zu warten, bis die systematische Forschung die Beweise liefert, um Referenzsubstanzen und Grenzwerte speziell für Pflanzenkohle zum Schutz von Böden, Pflanzen, Tieren, Arbeitnehmern und Verbrauchern zu definieren - eine inakzeptable Verzögerung für die Verbreitung des Einsatzes von Pflanzenkohle. Aus diesem Grund hat das EBC diese niedrigen PAK-Grenzwerte in ihren Standards seit jeher verteidigt.

Für Tierfutter gibt es bisher keinen Grenzwert der EU oder der Mitgliedsstaaten für PAK und somit auch keinen PAK-Grenzwert für Pflanzenkohle in der Fütterung. Durch die Veröffentlichung von Hilber et al. [30] wissen wir jedoch, dass PAK im Pansen von Rindern desorbiert werden und somit Tiere, die regelmäßig mit Pflanzenkohle gefüttert werden, schädigen können. Außerdem sollte das EBC nicht zulassen, dass Pflanzenkohle mit zu hohen PAK-Gehalten über den Weg der Tierfütterung in den Boden gelangt. Da die derzeitigen EU-Gesetze die Fütterung von Tieren mit Substanzen, die als Bodenzusatz nicht zulässig sind, nicht verbieten, ist es äußerst wichtig, dass die als Futtermittelzusatz verwendete Pflanzenkohle einer PAK-Qualitätskontrolle unterzogen wird.

Es ist fragwürdig, ob die Auswahl der 16 EPA-PAK-Verbindungen die beste Wahl für die Überwachung von PAK auf Pflanzenkohle ist. Die Verwendung eines Grenzwerts für die einfache Summe dieser 16 PAK verleiht jeder einzelnen Substanz die gleiche Bedeutung bei der Interpretation der Analyse. Obwohl alle 16 PAK zu den prioritären Umweltschadstoffen

der EPA gehören, lässt sich diese Liste in acht krebserregende¹ und acht vermutlich nicht krebserregende PAK unterteilen. Daher sollte den krebserregenden Verbindungen besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden [33], und folglich definiert das EBC Grenzwerte für 8 EFSA-PAK auf Basis folgender Daten:

Bei 936 Pflanzenkohle-Analysen, die mit den EBC-akkreditierten Methoden durchgeführt wurden, stellten wir fest, dass die acht nicht krebserregenden PAK mehr als 80% aller analysierten PAK ausmachten. In Anbetracht der großen Zahl von Analysen kann dies als allgemeine Verteilung der von Pflanzenkohle bei den üblichen Pyrolyse- und Vergasungstechnologien adsorbierten PAK angesehen werden [16]. Die aktuellen $\Sigma 16$ EPA-PAH-Grenzwerte für Pflanzenkohle beruhen daher auf der Annahme, dass es eine mehr oder weniger allgemeingültige Verteilung der einzelnen PAK-Verbindungen auf Pflanzenkohle gibt, d.h. dass Pflanzenkohlen mit ähnlichen 16 EPA PAK Werten auch eine ähnliche Toxizität aufweisen. Es ist jedoch technisch möglich, den Gehalt an kleineren (nicht krebserregenden) PAK bei der Nachbehandlung durch Pyrolyse zu reduzieren, während die komplexeren (krebserregenden) PAK aufgrund der höheren Affinität der Pflanzenkohle für höhermolekulare PAK in der Pflanzenkohle verbleiben. Daher könnten die 4 mg $\Sigma 16$ EPA-PAKs kg^{-1} einer solchen Pflanzenkohle hauptsächlich aus krebserregenden Substanzen wie Benzo[a]pyren (BaP) bestehen. Solch hohe Gehalte an krebserregenden Stoffen würden ein erhebliches Gesundheitsrisiko darstellen, wenn sie in Futtermitteln und Böden verwendet werden. Um dieses Risiko aufgrund der Möglichkeit selektiver Nachbehandlung von stark PAK-belasteten Pflanzenkohlen zu vermeiden, hat die EBC im Jahr 2022 einen neuen Grenzwert für die acht krebserregenden Verbindungen eingeführt (siehe Fußnote).

Das EBC folgt dem Vorschlag der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA), die Lebensmittelsicherheit durch die Überwachung der Gesamtkonzentrationen der acht kanzerogenen PAK zu bewerten [34]. Im Datensatz der 936 EBC $\Sigma 16$ EPA PAK Analysen enthielten 99% aller analysierten Proben, die den EBC-Agro Grenzwert von 6 mg $\Sigma 16$ EPA PAK kg^{-1} einhielten, weniger als 1 mg $\Sigma 8$ EFSA PAK kg^{-1} . Da wir von der EBC-Zertifizierungskontrolle die Gewissheit haben, dass keine der 936 Proben einer Behandlung zur Reduzierung ausgewählter PAK-Spezies unterzogen wurde, können wir mit hinreichender Sicherheit davon ausgehen, dass die 936 Proben die übliche Verteilung der von Pflanzenkohle adsorbierten PAK in den gängigen Pyrolyse- und Vergasungstechnologien repräsentieren. Im Falle einer Nachbehandlung der Pflanzenkohle oder der Verwendung neuartiger Pyrolysetechnologien, die selektiv die leichteren (nicht kanzerogenen) PAK reduzieren, ist der neue Grenzwert von 1 mg $\Sigma 8$ EFSA-PAK kg^{-1} sicherer als die (höheren)

¹ Die acht krebserregenden Verbindungen innerhalb der 16 EPA-PAK = 8 EFSA-PAK sind Benzo[a]pyren, Benzo[a]anthracen, Chrysen, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[k]fluoranthren, Dibenzo[a,h]anthracen, Indeno[1,2,3-cd]pyren, Benzo[ghi]perylen

Σ 16 EPA-PAK-Grenzwerte, welche erhöhte Mengen kanzerogener PAK verschleiern könnten.

Aus den oben genannten Gründen wurde 1 mg Σ 8 EFSA PAHs kg⁻¹ als Grenzwert für EBC-Futter, EBC-Urban und EBC-Gebrauchsmaterial festgelegt. Zum Zweck der Qualitätskontrolle und um Carbon Standards International eine solide Datenbasis für (i) die Einführung weiterer EBC-Klassen, (ii) mögliche anstehende Gesetzesänderungen sowie (iii) die Ausweitung des EBC auf weitere Länder/Regionen zu liefern, müssen die Σ 16 EPA-PAH für alle Zertifizierungsklassen an Carbon Standards International gemeldet werden.

Um die Sicherheit von EBC-FutterPlus, EBC-Agro und EBC-AgroBio zu erhöhen, gelten die 1 mg 8 EFSA PAHs kg⁻¹ als zusätzlicher Grenzwert zu dem von der EU-Düngemittelverordnung festgelegten Grenzwert für Σ 16 EPA PAHs kg⁻¹. Für EBC-Rohstoffe wird ein Grenzwert von 4 mg Σ 8 EFSA-PAK kg⁻¹ festgelegt. Die 16 EPA-PAH müssen für alle Zertifizierungsklassen angegeben werden, ausgenommen für EBC-Rohstoff. Die Liste der acht krebserregenden PAK in der EU-REACH-Verordnung enthält zwei Stoffe, die von den 8 EFSA- und den 16 EPA-Verbindungen abweichen. Um die EU-REACH-Verordnung einzuhalten², nimmt die EBC ab 2022 diese beiden zusätzlichen PAKs in ihr Analyseprogramm auf und kontrolliert, dass weder Benzo[e]pyren noch Benzo[j]fluoranthen für keine der Zertifizierungsklassen in höheren Konzentrationen als 1 mg kg⁻¹ je Einzelsubstanz enthalten sind.

Der **EBC-Urban**-Grenzwert für PAK wird durch die acht krebserregenden PAK definiert. Dies erlaubt einen zuverlässigen Schutz für Arbeitnehmer, Bürger und Böden. Da PAK in der städtischen Umwelt allgegenwärtig sind (z.B. durch Autoabgase, Reifenabrieb, Haushaltsheizungen und atmosphärische Ablagerungen) und weil Pflanzenkohle, die in städtischen Boden eingesetzt wird, ein starker Adsorber für PAK ist, wirkt EBC-zertifizierte Pflanzenkohle in der städtischen Umwelt insgesamt als Netto-Adsorber für diese Umweltgifte.

Die Grenzwerte für **EBC-Gebrauchsmaterial** sind strenger als die EU-REACH-Verordnung für Verbraucherprodukte, welche alle Produkte verbietet, die mehr als 1 mg kg⁻¹ eines der acht einzelnen krebserregenden EU-PAK enthalten [1]. Das EBC geht davon aus, dass es

² Die VERORDNUNG (EU) Nr. 1272/2013 der EU-Kommission nennt Benzo[a]pyren, Benzo[e]pyren, Benzo[a]anthracen, Chrysen, Benzo[b]fluoranthen, Benzo[j]fluoranthen, Benzo[k]fluoranthen und Dibenzo[a,h]anthracen als PAK (EU-PAK), die als krebserzeugend eingestuft sind. Im Vergleich zu den 8 EFSA-PAK, die eine Teilmenge der 16 EPA-PAK sind, fehlen Indeno[1,2,3-cd]pyren und Benzo[ghi]perylen in der EU-Verordnung. Benzo[e]pyren und Benzo[j]fluoranthen gehören jedoch weder zu den 8 EFSA-PAK noch zu den 16 EPA-PAK. Daher wurden Benzo[e]pyren und Benzo[j]fluoranthen bisher bei der Routineanalyse von Pflanzenkohle noch nicht quantifiziert, aber ab 2022 in die EBC-Analysen aufgenommen, um die Konformität mit der EU-REACH-Verordnung zu gewährleisten.

konsequent ist, den gleichen Grenzwert für krebserregende PAK für die Bereiche Boden, Futtermittel, Lebensmittel, Wasser, Ökosysteme und Verbraucherprodukte zu verwenden.

Der Grenzwert für $\Sigma 8$ EFSA-PAK in EBC-Rohstoff liegt bei 4 mg kg^{-1} , da die Pflanzenkohlepartikel in mineralische oder polymere Grundstoffe (z.B. Beton, Asphalt, Putz, Verbundstoffe) eingebettet und fest gebunden sind. Damit wird ein direkter Kontakt mit lebenden Organismen vermieden. Dieser Grenzwert basiert hauptsächlich auf dem, was bei angemessenen Sicherheitsmaßnahmen (Verpackung, Lagerung und Belüftung) und geeigneter persönlicher Schutzausrüstung als unbedenklich für die Mitarbeiter angesehen werden kann. Darüber hinaus gilt für EBC-Rohstoff auch und zusätzlich der EU-Grenzwert für Produkte, bei denen ein Hautkontakt zu erwarten ist. Dieser liegt bei maximal 1 mg kg^{-1} für jede einzelne Verbindung der $\Sigma 8$ EFSA-PAK und für die zusätzlichen EU-PAK Benzo[e]pyren und Benzo[j]fluoranthren.

Dank der oben genannten Anforderungen sind alle EBC-zertifizierten Pflanzenkohlen mit der EU-REACH-Verordnung der Kommission [1] konform. Zudem müssen die $\Sigma 16$ EPA-PAH für alle EBC-Zertifizierungsklassen gegenüber Carbon Standards International deklariert werden.

Es ist zu beachten, dass aufgrund der hohen Adsorptionskapazität von Pflanzenkohle die meisten Analysemethoden, die beispielsweise für die Bodenanalyse von PAK verwendet werden, nicht für Pflanzenkohle geeignet sind [19]. Es wird daher dringend empfohlen, für die Durchführung von PAK-Analysen auch außerhalb der EBC-Zertifizierung immer den Service eines EBC-akkreditierten Labors in Anspruch zu nehmen.

Die sehr niedrigen PAK-Grenzwerte erlauben nur eine analytische Genauigkeit von 40% für den Grenzwert von $6 \text{ mg } \Sigma 16 \text{ EPA-PAK kg}^{-1}$, was eine Genauigkeit von $\pm 2,4 \text{ mg kg}^{-1}$ (TS) bedeutet.

8. Pyrolysetechnik

8.1 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 oder Überschussstrom gesorgt werden.

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

Ein erheblicher Teil der weltweit produzierten Holz- und Pflanzenkohle wird nach wie vor mit veralteter Technik hergestellt [35], bei welcher der größte Teil des Kohlenstoffs der ursprünglichen Biomasse als giftige Emissionen in die Atmosphäre entweicht. Selbst wenn die Qualität der so hergestellten Pflanzenkohle die EBC-Kriterien erfüllen könnte, so sind die Umweltauswirkungen dieser Produktionsform stark negativ.

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.

8.3 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.

8.4 Die Pflanzenkohleproduktion muss energie- und kohlenstoffeffizient arbeiten

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 Pyrolyseöl und Pyrolysegase auch gespeichert und einer anderweitigen energetischen oder stofflichen Nutzung zugeführt werden.

Alternativ kann das Pyrolyseöl und/oder -gas auch aufgefangen und zur Energiespeicherung verwendet werden, z.B. zur Deckung von Spitzenlasten in der Fernwärmeversorgung durch zeitversetzte Verbrennung von Pyrolyseöl, das im Sommer aufgefangen wurde. Die stoffliche Nutzung des Pyrolyseöls und/oder die Veredelung des Pyrolysegases zu Grundchemikalien wie Methanol sind ebenfalls denkbare Optionen, um schließlich eine Kohlenstoffeffizienz von mindestens 70% zu erreichen.

9. Arbeitsschutz

9.1 Lokale und nationale Brand- und Staubschutzvorschriften müssen in der gesamten Herstellungs-, Transport- und Anwenderkette eingehalten werden. Eine offizielle Betriebserlaubnis oder ein gleichwertiges Dokument muss vorgelegt werden.

9.2 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.

9.3 Bei Transport und Schüttgutumladung muss auf ausreichende Feuchtigkeit der Pflanzenkohle zur Verhinderung von Staubentwicklung geachtet werden (siehe Kap. 7.7).

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

10. Pflanzenkohle für den Einsatz in der Tierfütterung (EBC-FutterPlus und 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 L 159 / 25 Nr. 575 / 2011 [2] zugelassen. Entsprechend der Richtlinie 2002/32/EG vom 7. Mai 2002 über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung [2] sowie der Verordnung (EG) Nr. 396/2005 über Pestizide-Rückstände [36] gelten für den Einsatz von Pflanzenkohle als Futtermittel gegenüber dem Einsatz als Bodenzusatz andere bzw. zusätzliche Grenzwerte. Daher erfordert die Zertifizierung von EBC-Futtermitteln die Analyse und Kontrolle zusätzlicher Parameter im Vergleich zu den in Kapitel 7 und Anhang 1 der EBC-Leitlinien aufgeführten. Einige Analysemethoden und Berechnungen müssen angepasst werden. Die zulässigen Testmethoden sowie die Analysemethoden für die einzelnen Parameter sind in Anhang 2 aufgeführt.

10.1 Zulassung als Futtermittelhersteller

Die Hersteller von EBC-Futter zertifizierter Pflanzenkohle müssen sich gemäß den geltenden regionalen, nationalen und/oder EU-Vorschriften bei den zuständigen Behörden als Futtermittelhersteller registrieren lassen und der EBC einen entsprechenden Nachweis vorlegen.

Das Ziel von EBC-Futter ist es, zu garantieren, dass die Qualität der Pflanzenkohle für die Tierfütterung geeignet ist und dass ihre Produktion nachhaltig ist. Die ebenso wichtigen Aspekte der Futtermittelsicherheit und -hygiene während der Produktion und vor allem der Lagerung und des Transports können von der EBC nur in begrenztem Umfang kontrolliert und daher nicht vollständig garantiert werden.

10.2 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 [37], welche zeigen, dass Pflanzenkohlen, die aus anderen rein pflanzlichen Ausgangsmaterialien hergestellt wurden, ebenso positive Auswirkungen auf die Futtereffizienz und Tiergesundheit erzielten wie 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. Einsatzstoffe mit chemischen Zusätzen, Verunreinigungen oder dem Risiko von Verunreinigungen aufgrund nicht kontrollierbarer Quellen sind ausgeschlossen (z. B. chemisch behandeltes Holz, Papierschlamm, Grünabfälle aus der kommunalen Sammlung usw.).

10.3 Abscheidung von Fremdstoffen

Eine wesentliche Gefahr für die Futtermittelsicherheit geht von möglichen Fremdstoffen aus, die über die Biomasse, die Produktionsanlage oder während der Lagerung in die Pflanzenkohle gelangen können. Hierbei handelt es sich vor allem um Metallstücke, Plastik, Glas und Steine. Um dies zu verhindern, ist eine rigorose Kontrolle der Ausgangsstoffe vor dem Eintrag in die Pyrolyse nötig. Um zu verhindern, dass Metall- oder sonstige Maschinenteile aus der Pyrolyseanlage als Fremdstoff in die Pflanzenkohle gelangen, ist eine regelmäßige Kontrolle der Anlage erforderlich (Kontrolle, dass keine Schrauben fehlen, Teile abgebrochen sind oder Abrieb vorliegt etc.). Um auszuschließen, dass nach der Produktion Fremdstoffe in die Futterkohle gelangen, muss die Pflanzenkohle verpackt und dicht verschlossen gelagert werden.

Es wird empfohlen, sowohl die Biomasse vor dem Eintrag in die Pyrolyse als auch die Pflanzenkohle zwischen Austrag und Verpackung durch einen magnetischen Metallabscheider zu leiten. Steine und Glasscherben stellen für die Tiere vor allem wegen möglicher scharfer Kanten und Ecken ein Verletzungsrisiko beim Schlucken dar. Um diese Gefahr zumindest zu minimieren, wird das Mahlen der Pflanzenkohle auf < 3 mm empfohlen; Silikat (Glas) und Stein an sich sind nicht giftig oder schädlich und können nach der Zerkleinerung kaum noch Verletzungen verursachen.

Futtermittelhersteller müssen garantieren können, dass die vermarkteten Futtermittel frei von etwaigen Fremdstoffen sind. Gemäß der Verordnung (EG) 183/2005 ist ein Futtermittelhersteller für die Futtermittelsicherheit verantwortlich. Die EBC-Kontrollprozesse (technisches Voraudit, jährliche EBC-Inspektion, visuelle Inspektion von Stichproben, Laboranalyse einer repräsentativen Probe aus jeder Charge, Rückstellmuster, Dokumentation) helfen dabei, können aber die Herstellergarantie nicht ersetzen. Im Falle von Beschwerden von Verbrauchern oder anderen Beschwerden und Streitigkeiten bietet die Zertifizierung als EBC-Futter nur begrenzte Sicherheit. Um der Verantwortung für die Futtermittelsicherheit gerecht zu werden, empfiehlt die EU-Verordnung 183/2005 den Futtermittelherstellern nachdrücklich, ein HACCP-System (Hazard Analysis and Critical Control Point) einzuführen ("Die Futtermittelunternehmer [...] müssen ein schriftlich festgelegtes Verfahren oder Verfahren auf der Grundlage der HACCP-Grundsätze einführen, anwenden und aufrechterhalten"). Wir empfehlen daher eine zusätzliche externe Qualitätssicherung durch eine auf Futtermittel spezialisierte Zertifizierungsstelle, wie z.B.

GMP+ (<https://www.gmpplus.org>) oder pastus+ (<https://amainfo.at/en/teilnehmer/futtermittel/pastus-zertifizierung/richtlinie-informationen>).
Deren Zertifizierungsprozess schließt HACCP ein.

10.4 Pyrolysetemperatur und -intensität (H/Corg < 0.4)

Auch wenn kontaminierte Ausgangsstoffe für die Herstellung von Pflanzenkohle für die Fütterung nicht erlaubt sind, können Spurenverunreinigungen, z.B. mit Arzneimitteln oder Mykotoxinen, nie ganz ausgeschlossen werden. Um den pyrogenen Abbau dieser organischen Mikroverunreinigungen zu gewährleisten, muss die Pyrolysetemperatur für mindestens 10 Minuten mindestens 500 °C erreichen [38].

Da diese Pyrolysebedingungen schwer zu überwachen und zu kontrollieren sind, wird das H/Corg-Verhältnis als Indikator verwendet. Das H/Corg-Verhältnis zeigt den Grad der Aromatisierung der Pflanzenkohle und damit die Intensität der Pyrolyse an. Wenn eine Pflanzenkohle ein H/Corg-Verhältnis von unter 0,4 aufweist, kann man sicher davon ausgehen, dass sie bei Temperaturen von über 500°C für mehr als 10 Minuten hergestellt wurde und für die Verfütterung sicher ist. Das H/Corg-Verhältnis darf bei EBC-FeedPlus und EBC-Futter nicht über 0,4 liegen. Für EBC-Futter sind Pflanzenkohlen mit einem H/Corg-Verhältnis < 0,7 während einer Übergangsfrist bis zum 31. Dezember 2023 (spätest mögliches Ende einer Charge) noch erlaubt.

10.5 Schwermetalle

Nach der EU-Futtermittelverordnung müssen die Gehalte der Schwermetalle Arsen, Blei, Cadmium und Quecksilber angegeben werden. 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⁻¹, Blei: 10 mg kg⁻¹, Cadmium 0,8 mg kg⁻¹ und Quecksilber: 0,1 mg kg⁻¹.

10.6 PAKs

Der Grenzwert für die $\Sigma 8$ EFSA PAKs ist für EBC-FutterPlus und EBC-Futter auf 1 mg kg⁻¹ festgelegt (siehe Kapitel 7.12). Um die EU-REACH-Verordnungen einzuhalten, müssen zudem die Konzentrationen von Benzo[e]pyren und Benzo[j]fluoranthen jeweils kleiner als 1 mg kg⁻¹ sein. Für EBC-FeedPlus dürfen die $\Sigma 16$ EPA-PAKs 6 mg kg⁻¹ nicht überschreiten.

Aufgrund des fehlenden Grenzwerts für $\Sigma 16$ EPA-PAK entspricht EBC-Futter nicht den Anforderungen für EBC-AgroBio und EBC-AgroBio. Es ist hervorzuheben, dass Naphthalin das am häufigsten vorkommende PAK-Kongener in Pflanzenkohle ist, das in $\Sigma 16$ EPA-PAK, aber nicht in $\Sigma 8$ EFSA-PAK enthalten ist. Laut eines Berichts der US-amerikanischen

Umweltschutzbehörde liegt der NOAEL-Wert (No Observed Adverse Effect Level) für die chronische orale Exposition von Naphthalin im Bereich von 50-100 mg pro Kilogramm Lebendgewicht des Tieres [39]. Es ist praktisch unmöglich, diesen Wert durch die Fütterung von Pflanzenkohle zu erreichen.

EBC-FeedPlus Pflanzenkohle kann als Bodenhilfsstoff und für andere agronomische Zwecke wie Kompostierung, anaerobe Vergärung, Güllebehandlung und Düngemittelherstellung verwendet werden. EBC-Futter darf nur als Futtermittelzusatz verwendet werden.

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

10.8 Fluor < 150 mg kg⁻¹ (88% TS)

Der Fluorgehalt muss kleiner als 150 mg kg⁻¹ (88% TS) sein. Fluorsalze sind jedoch normalerweise unter Pyrolysebedingungen flüchtig und werden in der Pflanzenkohle selten in signifikanten Konzentrationen auftreten.

10.9 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.

10.10 Rohprotein, Rohfasern, 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 $H/C_{org} < 0.4$ ist, was die Grundvoraussetzung für die EBC-FutterPlus und EBC-Futter Zertifizierung ist. Damit erübrigt sich die Analyse von Rohprotein, Rohfaser und Rohfett und ihre Gehalte werden per Definition mit 0 g kg^{-1} angegeben. Diese Angaben sind verpflichtend und müssen dem Lieferschein beigelegt werden.

11. 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 Ausgangsmaterial 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“ verwenden, wenn die verarbeitenden Betriebe und deren Produkte nach den folgenden Richtlinien zertifiziert wurden.

11.1 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.

Ohne EBC-Ausnahmebewilligung darf auf dem Betrieb keine nicht EBC zertifizierte Pflanzenkohle verwendet, gelagert und gehandelt werden.

11.2 Wareneingangskontrolle

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

11.3 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-Zertifizierungsclassen 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.

11.4 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 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.

12. Kennzeichnungspflichten und Werbung mit EBC-Zertifizierung

12.1 Markenschutz

12.1.1 Eingetragene Marken

Die Carbon Standards International ist Inhaber der folgenden Markenrechte:

(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 sind jeweils für folgendes Verzeichnis eingetragen:

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).

12.1.2 Recht zur Markennutzung

Die Carbon Standard International 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:

- (1) "Zertifikat" / "Certificate", oder "Zertifizierung" / "Certification" oder "zertifiziert" / "certified"
- (2) "Agro", "AgroBio", "FutterPlus", "Futter", "Urban", "Gebrauchsmaterial» oder "Rohstoff"

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.

12.1.3 Werbung mit Laboranalyse nach EBC-Standard

Wenn eine Untersuchung der Pflanzenkohle durch ein akkreditiertes Labor (siehe Auflistung unter <https://www.european-biochar.org/de/ct/10>) nach EBC-Standard durchgeführt wurde, jedoch keine EBC-Zertifizierung vorliegt, ist bei der Werbung mit dem Analyseergebnis in geeigneter Form auf die fehlende Zertifizierung hinzuweisen. Eine diesbezügliche Irreführung ist auf jeden Fall zu vermeiden. Zulässig sind beispielsweise Formulierungen wie "Laboranalyse nach EBC-Standard*", Fußnote: "keine Zertifizierung".

12.1.4 Vertragsstrafe

Verstößt der Nutzer der Gewährleistungsmarken schuldhaft gegen die Satzungen dieser Richtlinien, so ist er zur Zahlung einer Geldstrafe von 500,- EUR bis 10.000,- EUR an die

Carbon Standard International verpflichtet. Die Höhe der zu zahlenden Geldstrafe ist von der Carbon Standards International nach billigem Ermessen festzusetzen und im Streitfall von einem Gericht auf deren Angemessenheit hin zu überprüfen. Entsprechend entzieht Carbon Standard International das Recht zur Nutzung der Gewährleistungsmarken.

12.2 Pflichtangaben bei Pflanzenkohle

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

- Zertifizierungsstufe der Pflanzenkohle (Agro, Agro-Bio, FutterPlus, Futter, Gebrauchsmaterial, Rohstoff)
- Gehalt an organischem Kohlenstoff (C_{org})
- H / C_{org} – Verhältnis
- pH-Wert
- Trockengewicht
- Volumen

Alle anderen relevanten analytischen Informationen wie Feedstock, Pyrolysetemperatur, Elementaranalyse, Nährstoffgehalt, Schwermetalle, WHC, elektrische Leitfähigkeit der festen Pflanzenkohle und 8 EFSA-PAK können über den QR-Code der zertifizierten Charge abgerufen werden. 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.

12.3 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.

12.4 Pflichtangaben bei Pflanzenkohle-Produkten

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

- Zertifizierungsstufe der Pflanzenkohle (Agro, Agro-Bio, FutterPlus, Futter, Urban, Gebrauchsmaterial, Rohstoff)

- Organischer Kohlenstoffgehalt der im Produkt enthaltenen Pflanzenkohle
- Pflanzenkohle-Anteil in der Verpackungseinheit bezogen auf das Trockengewicht

Kommen in einem Produkt verschiedene EBC Zertifizierungsclassen zur Verwendung, so darf das Endprodukt nur diejenige EBC-Zertifizierungsclassen tragen, welche der am niedrigsten zertifizierten Pflanzenkohle im Produkt entspricht. Hierbei gilt EBC-Rohstoff als niedrigste, worauf EBC-Urban, EBC-Agro, EBC-AgroBio als höhere Qualitätsstufe folgen.

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

Wenn mehrere EBC-zertifizierte Pflanzenkohlen im Produkt gemischt werden, muss ein entsprechender Durchschnittswert für den Gehalt an organischem Kohlenstoff und Nährstoffen auf der Grundlage der Masse (TS) der gemischten Pflanzenkohle-Anteile angegeben werden. Das H / C_{org} - Verhältnis, die höchste im Pyrolyseprozess erreichte Temperatur, die elektrische Leitfähigkeit, die WHC und der pH-Wert müssen als Bereich des niedrigsten und höchsten Wertes der einzelnen verwendeten Pflanzenkohlen angegeben werden.

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

13. Kontrolle, Qualitätsmanagement und Zertifizierung

13.1 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 online 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.

Sollte ein EBC-zertifizierter Hersteller eine Charge produzieren, die aufgrund der Nichteinhaltung von Grenzwerten nicht nach EBC-Rohstoff zertifiziert werden kann, muss der Hersteller die ordnungsgemäße Entsorgung dieses Abfalls gemäß den lokalen oder nationalen Vorschriften nachweisen. Andernfalls kann die Zertifizierung der Anlage dauerhaft entzogen 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.

13.2 EBC zertifizierte Betriebe

Für die EBC-Zertifizierung werden vier grundsätzliche Betriebsarten unterschieden:

a) Herstellende Betriebe (Inspektion vor Ort)

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. Nur selbst hergestellte Pflanzenkohle darf auf dem Betriebsgelände gelagert werden, ansonsten ist eine zusätzliche Zertifizierung als Verarbeitungsbetrieb und Händler erforderlich.

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 und Händler erfolgen.

Ein technisches Erstaudit durch Carbon Standards International und ein jährlicher Kontrollbesuche durch die akkreditierte Kontrollstelle sind zwingend. Die repräsentative Probenahme muss durch einen akkreditierten Probenehmer erfolgen.

b) Verarbeitende Betriebe und Händler (Inspektion vor Ort, wenn > 10 t pro Jahr)

Verarbeitende Betriebe kaufen oder produzieren EBC-zertifizierte Pflanzenkohle und verwenden diese zur Herstellung neuer, pflanzenkohlebasierter Produkte. Übliche Verfahren sind hierbei das Mischen der Pflanzenkohle 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 (siehe Kap. 11).

Auch der Handel von unverpackter, loser Ware (z.B. Container) oder Umverpackung zugekaufter Pflanzenkohle unterliegen der Kontroll- und Zertifizierungspflicht für Pflanzenkohle 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 (keine Zertifizierung nötig)

Der reine Handel von fertig verpackten und vom zertifizierten Hersteller nach EBC-Vorschrift gekennzeichneten Pflanzenkohlen und Pflanzenkohle basierten Produkten durch Dritte unterliegt keiner weiteren Kontroll- und Zertifizierungspflicht, sofern der zertifizierte Hersteller als solcher auf der Verpackung genannt ist.

Verkauft also ein nicht zertifiziertes Unternehmen oder eine Person EBC-zertifizierte Pflanzenkohle oder Pflanzenkohle basierte Produkte, so muss in diesem Fall sowohl der zertifizierte Hersteller als auch die ID-Nummer und der QR-Code der Pflanzenkohle-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.

Wenn der ursprüngliche Hersteller auf der Verpackung oder dem Lieferschein nicht genannt wird und die Ware somit umetikettiert wird, muss das Unternehmen, das die Ware in

Verkehr bringt, EBC-zertifiziert sein, sonst darf es die Ware nicht als EBC-zertifiziert kennzeichnen.

Die Umetikettierung geschlossener Verpackungen von zertifizierter Pflanzenkohle und Produkten auf Pflanzenkohlebasis oder der Verkauf unter eigenem Handelsnamen ohne Nennung des eigentlichen Herstellers unterliegt der Zertifizierungspflicht als Eigenmarkenhändler.

d) Händler von verpackten Waren unter Eigenmarken (Fern-Inspektion)

Wird die Ware vom Hersteller von Pflanzenkohle oder Pflanzenkohle-Produkten für ein anderes Unternehmen hergestellt, verpackt und etikettiert, und erscheinen der Name und die Kontaktdaten des herstellenden Unternehmens nicht auf der Verpackung, so muss das Handelsunternehmen, welches die Ware unter seinem Namen in Verkehr bringt, als Eigenmarken-Händler EBC zertifiziert werden. Ansonsten darf der Eigenmarken-Händler die Ware nicht als EBC-zertifiziert kennzeichnen.

Dies trifft ebenfalls zu, wenn geschlossen verpackte Pflanzenkohle-Waren von anderen Herstellern oder Händlern erworben und dann so umetikettiert werden, dass der herstellende Betrieb nicht mehr als solcher erkennbar und mit seinen Kontaktdaten genannt ist, muss der in Verkehr bringende Betrieb zwangsläufig EBC-zertifiziert werden. Ansonsten darf er die Ware nicht als EBC-zertifiziert kennzeichnen.

Sofern keine Umverpackung (Kap. 13.2b) der Ware erfolgt, bedarf es für die EBC-Zertifizierung von Eigenmarken-Händlern keine Vor-Ort-Kontrolle und diese kann über Online-Deklaration und Fernbewertung erfolgen.

13.3 Anmeldung zur Zertifizierung

Um sich für die Zertifizierung anzumelden, registrieren Sie Ihr Unternehmen bitte auf der EBC-Website (www.european-biochar.org) und geben Sie alle notwendigen Informationen über Ihr Unternehmen und Ihre Produktion an. Das Team von Carbon Standards International (www.carbon-standards.com) wird sich dann mit Ihnen in Verbindung setzen und Sie während des gesamten Zertifizierungsprozesses unterstützen.

Es wird dringend empfohlen, dass sich neue Produzenten von Pflanzenkohle vor der Aufnahme ihrer Tätigkeit mit Carbon Standards International in Verbindung setzen, um sicherzustellen, dass alle erforderlichen Aufzeichnungsverfahren eingeleitet und in die Produktionsprozesse integriert werden.

Carbon Standards International AG

Ackerstrasse 117

5070 Frick

Schweiz

+41 (0) 62 552 10 90

info@carbon-standards.com

13.4 Technisches Voraudit bei Pflanzenkohle-Produzenten

Das technische Voraudit bei Pflanzenkohle-Produzenten findet durch Carbon Standard International statt. Das Ziel des technischen Vaudits besteht insbesondere darin, die Vorgaben des EBC hinsichtlich der akkreditierten Probenahme und Gütesicherung auf die Besonderheiten des jeweiligen Betriebs anzupassen. Während des technischen Vaudits können die Standardmethode und die Häufigkeit der akkreditierten Probenahme, die Art der Rückstellproben, die Bestimmung des Trockengewichts und das werkseigene Qualitätskontrollprogramm angepasst werden. Alle Anpassungen und Abweichungen von den üblichen Zertifizierungs- und Qualitätsmanagementverfahren werden im online Betriebshandbuch dokumentiert.

Das technische Voraudit von Pflanzenkohle-Produzenten umfasst folgende Schritte:

- 1) Das Unternehmen lädt die detaillierte technische Beschreibung und die Flussdiagramme des Produktionsprozesses auf die EBC-Website hoch.
- 2) In einer Videokonferenz zwischen dem zu zertifizierenden Unternehmen und dem Ithaka-Institut werden offene Fragen geklärt, die technischen Details der Produktion besprochen und der Umfang der Vor-Ort-Inspektion geklärt.

Alle detaillierten technischen Informationen, die zwischen der Produktionsfirma, dem Ithaka Institute, Carbon Standards International und BioInspecta ausgetauscht werden, unterliegen strenger Vertraulichkeit und sind datenschutzrechtlich geschützt. Auf Wunsch kann eine Vertraulichkeitsvereinbarung (NDA) zwischen Carbon Standards International und dem zu zertifizierenden Unternehmen unterzeichnet werden.

Grundlegende Veränderungen der betrieblichen Abläufe oder personelle Wechsel müssen der Carbon Standards International gemeldet werden und führen gegebenenfalls zu einer Wiederholung des technischen Vaudits sowie einer Anpassung des online Betriebshandbuchs. Auch die akkreditierte Kontrollstelle kann ein erneutes technisches Audit anordnen, wenn der im online Betriebshandbuch festgelegte Ablauf des Kontrollbesuchs aufgrund betrieblicher Veränderungen in der bisherigen Form nicht mehr sinnvoll abgearbeitet werden kann.

Bei Verarbeitern und Händlern von Pflanzenkohle findet eine Erstkontrolle durch die Kontrollstelle bio.inspecta AG, aber in der Regel kein gesondertes Voraudit durch Carbon Standards International statt.

13.5 Online Betriebshandbuch

Die vorliegenden EBC-Richtlinien beschreiben die grundsätzlichen Vorgaben zur EBC Zertifizierung. Für Pflanzenkohle-Produzenten kann, wo nötig, das darauf aufbauende online Betriebshandbuch die genaue Umsetzung dieser Regeln definieren. 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, Fremdstoffe in den 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 Carbon Standards International. Das Betriebshandbuch wird von der Kontrollstelle, Carbon Standards International und vom Ithaka Institut vertraulich behandelt.

Für verarbeitende Betriebe und Händler gibt es kein gesondertes Betriebshandbuch.

13.6 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 Carbon Standards International als EBC-Labelignier. Kommt es zu einem personellen Wechsel auf der Position des Qualitätsmanagers, ist dies unverzüglich der Kontrollstelle und Carbon Standards International mitzuteilen. Die Übergabe des online Betriebshandbuchs

und der damit verbundenen Verantwortung ist zu dokumentieren. Kann keine geordnete Übergabe durchgeführt werden, ist ein erneutes Erstaudit durch Carbon Standards International 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. REACH COMMISSION REGULATION (EU) No 1272/2013 of 6 December 2013 amending Annex XVII to Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council on the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH) as regards pol. *EU-Regulation* **2013**, 1272/2013.
2. EU-Parliament *Commission regulation (EU) No 575/2011 of 16 June 2011*; Brussels, 2011;
3. EU-Commission *Regulation (EU) 2019/1009 - EU fertilising products and amending regulations*; Brussels, 2019; p. 2019/1009;
4. EU-Commission *Commission implementing regulation (EU) 2019/2164 on organic production and labelling of organic products*; Brussels, 2019;
5. Gy, P. Sampling of discrete materials—a new introduction to the theory of sampling. *Chemom. Intell. Lab. Syst.* **2004**, 74, 7–24, doi:10.1016/j.chemolab.2004.05.012.
6. Schimmelpfennig, S.; Glaser, B. One Step Forward toward Characterization: Some Important Material Properties to Distinguish Biochars. *J. Environ. Qual.* **2012**, 41, 1001, doi:10.2134/jeq2011.0146.
7. Yang, H.; Kudo, S.; Hazeyama, S.; Norinaga, K.; Mašek, O.; Hayashi, J. Detailed Analysis of Residual Volatiles in Chars from the Pyrolysis of Biomass and Lignite. *Energy & Fuels* **2013**, 130531120623003, doi:10.1021/ef4001192.
8. Spokas, K.A.; Novak, J.M.; Stewart, C.E.; Cantrell, K.B.; Uchimiya, M.; DuSaire, M.G.; Ro, K.S. Qualitative analysis of volatile organic compounds on biochar. *Chemosphere* **2011**, 85, 869–882.
9. 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.
10. EU-Parliament *EU fertilizer regulation 2019/1009*; Brussels, 2019;
11. BBodSchV *Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung*; Deutsches Bundesamt für Umwelt: Berlin, 1999;
12. 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.
13. ChemRRV *Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen*; Bern, 2020;
14. Fagernäs, L.; Kuoppala, E.; Tiilikkala, K.; Oasmaa, A. Chemical Composition of Birch Wood Slow Pyrolysis Products. *Energy & Fuels* **2012**, 26, 1275–1283, doi:10.1021/ef2018836.
15. Buss, W.; Graham, M.C.; MacKinnon, G.; Mašek, O. Strategies for producing biochars with minimum PAH contamination. *J. Anal. Appl. Pyrolysis* **2016**, 119, 24–30, doi:10.1016/j.jaap.2016.04.001.
16. Bucheli, T.D.; Hilber, I.; Schmidt, H. Polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated aromatic compounds in biochar. **2014**, 593–622.
17. 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.
18. Cornelissen, G.; Pandit, N.R.; Taylor, P.; Pandit, B.H.; Sparrevik, M.; Schmidt, H.P. Emissions and char quality of flame-curtain “Kon Tiki” kilns for farmer-scale charcoal/biochar production. *PLoS One* **2016**, 11, doi:10.1371/journal.pone.0154617.
19. 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, doi:10.1021/jf205278v.
20. WHO Evaluation of certain food additives and contaminants: eightieth report of the Joint

- FAO/WHO Expert Committee on Food Additives Available online: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/204410> (accessed on Nov 27, 2021).
21. Hilber, I.; Mayer, P.; Gouliarmou, V.; Hale, S.E.; Cornelissen, G.; Schmidt, H.-P.; Bucheli, T.D. Bioavailability and bioaccessibility of polycyclic aromatic hydrocarbons from (post-pyrolytically treated) biochars. *Chemosphere* **2017**, *174*, doi:10.1016/j.chemosphere.2017.02.014.
 22. Hilber, I.; Bastos, A.C.; Loureiro, S.; Soja, G.; Marz, A.; Cornelissen, G.; Bucheli, T.D. The different faces of biochar: Contamination risk versus remediation tool. *J. Environ. Eng. Landsc. Manag.* **2017**, *25*, 86–104, doi:10.3846/16486897.2016.1254089.
 23. 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, doi:10.1016/j.biortech.2014.04.042.
 24. Costera, A.; Feidt, C.; Dziurla, M.A.; Monteau, F.; Le Bizec, B.; Rychen, G. Bioavailability of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) from Soil and Hay Matrices in Lactating Goats. *J. Agric. Food Chem.* **2009**, *57*, 5352–5357, doi:10.1021/JF9003797.
 25. Berset, J.D.; Holzer, R. Organic Micropollutants in Swiss Agriculture: Distribution of Polynuclear Aromatic Hydrocarbons (PAH) and Polychlorinated Biphenyls (PCB) in Soil, Liquid Manure, Sewage Sludge and Compost Samples; a Comparative Study. <http://dx.doi.org/10.1080/03067319508041324> **2006**, *59*, 145–165, doi:10.1080/03067319508041324.
 26. Honda, M.; Suzuki, N. Toxicities of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons for Aquatic Animals. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, doi:10.3390/IJERPH17041363.
 27. Patel, A.B.; Shaikh, S.; Jain, K.R.; Desai, C.; Madamwar, D. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Sources, Toxicity, and Remediation Approaches. *Front. Microbiol.* **2020**, *11*, 2675, doi:10.3389/FMICB.2020.562813/BIBTEX.
 28. Wu, H.; Sun, B.; Li, J. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Sediments/Soils of the Rapidly Urbanized Lower Reaches of the River Chaohu, China. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2019**, *16*, doi:10.3390/IJERPH16132302.
 29. Sigmund, G.; Huber, D.; Bucheli, T.D.; Baumann, M.; Borth, N.; Guebitz, G.M.; Hofmann, T. Cytotoxicity of Biochar: A Workplace Safety Concern? *Environ. Sci. Technol. Lett.* **2017**, *4*, 362–366, doi:10.1021/ACS.ESTLETT.7B00267.
 30. Hilber, I.; Arrigo, Y.; Zuber, M.; Bucheli, T.D. Desorption Resistance of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Biochars Incubated in Cow Ruminant Liquid in Vitro and in Vivo. *Environ. Sci. Technol.* **2019**, *53*, 13695–13703, doi:10.1021/acs.est.9b04340.
 31. EU-Commission EXPLANATORY MEMORANDUM Available online: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=PI_COM:Ares\(2021\)44211&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=PI_COM:Ares(2021)44211&from=EN).
 32. Achten, C.; Andersson, J.T. Overview of Polycyclic Aromatic Compounds (PAC). *Polycycl. Aromat. Compd.* **2015**, *35*, 177–186, doi:10.1080/10406638.2014.994071.
 33. Andersson, J.T.; Achten, C. Time to Say Goodbye to the 16 EPA PAHs? Toward an Up-to-Date Use of PACs for Environmental Purposes. *Polycycl. Aromat. Compd.* **2015**, *35*, 330–354, doi:10.1080/10406638.2014.991042.
 34. EFSA Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food - Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. *EFSA J.* **2008**, *6*, doi:10.2903/J.EFSA.2008.724.
 35. 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.
 36. EU-Parliament Directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the Council of 7 May 2002 on undesirable substances in animal feed - Council statement; 2002; p. Official Journal L 140, 30/05/2002 P. 0010-0022;
 37. Schmidt, H.-P.; Hagemann, N.; Draper, K.; Kammann, C. The use of biochar in animal feeding.

- PeerJ* **2019**, 7, e7373, doi:10.7717/peerj.7373.
38. Ross, J.J.; Zitomer, D.H.; Miller, T.R.; Weirich, C.A.; McNamara, P.J. Emerging investigators series: Pyrolysis removes common microconstituents triclocarban, triclosan, and nonylphenol from biosolids. *Environ. Sci. Water Res. Technol.* **2016**, 2, 282–289, doi:10.1039/c5ew00229j.
 39. USD *Toxicological profile for naphthalene, 1-methylnaphthalene, and 2-methylnaphthalene*; 2005;
 40. Bucheli, T.D.; Bachmann, H.J.; Blum, F.; Bürge, D.; Giger, R.; Hilber, I.; Keita, J.; Leifeld, J.; Schmidt, H.-P. On the heterogeneity of biochar and consequences for its representative sampling. *J. Anal. Appl. Pyrolysis* **2014**, 1–6, doi:10.1016/j.jaap.2014.01.020.

Anhang 1

Analysemethoden für EBC-Pflanzenkohle

Basis-Paket

Es gilt jeweils das aktuelle Publikationsdatum der jeweiligen Norm. Weitere Beschreibungen in diesem Anhang können Abweichungen und/oder Konkretisierungen in Bezug auf die genannte Norm enthalten. Die kursiv gedruckten Erläuterungen sollen dem Leser nur grundlegende Informationen liefern; die Umsetzung richtet sich ausschließlich und genau nach der zitierten Norm.

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/m³ errechnet.

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]/[10⁻⁴/cm] und wird in mg KCl/l angegeben. Berechnungsgrundlage ist hier die Leitfähigkeit (14,12 * 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 (CaCl₂):

Mindestens 5 ml luftgetrocknete Probe wird in ein Glasgefäß gegeben. Die das fünffache Volumen (25 ml) einer 0,01 M CaCl₂-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_E = Einwaage an Probengut in g

m_R = 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 %

mE = Einwaage an Probengut in g

mR = Rückwaage an Probengut in g

- Gesamtwassergehalt

Auswertung: Gesamtwassergehalt (W_t) in %

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

W_t = 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 CO₂ 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_2 und NaOH Lösung befüllt wurden, werden 30 ml Zersetzungssäure (Salzsäure mit HgCl_2 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 CO_2 errechnet.

CHN nach DIN 51732:

Die Verwendung von TruSpec Micro oder vergleichbaren Geräten wird empfohlen. Die Probe wird in einem Strom aus reinem Sauerstoff verbrannt. Die dabei entstehenden CO_2 , H_2O - und Stickstoffoxide werden quantifiziert, um die elementare Zusammensetzung zu berechnen.

Schwefel nach DIN 51724-3:

Die vorgetrocknete und zerkleinerte Probe wird in einem Keramik-Tiegel (unter Zuhilfenahme von V_2O_5) bei hoher Temperatur ($> 1300\text{ °C}$) im Sauerstoffstrom oxidiert. Das entstehende 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_{org} , H/C und O/C (berechnet):

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

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

PAK analog DIN EN 17503 (Extraktionmethode 10.2.3 mit Toluol)

Die Toluol-Extraktionszeit für die in der Pflanzenkohle enthaltenen PAKs beträgt sechs Stunden.

Spurenmehalle 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, Ag)

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 Aufschlussofen 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.

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.

Elektrische Leitfähigkeit des pyrogenen Feststoffs

Für die Bestimmung der Leitfähigkeit im Feststoff ist es zunächst erforderlich die fein gemahlene Pflanzenkohle unter standardisiertem Druck zu komprimieren. Im Laufe dieses Kompressionsprozesses ist sodann der elektrische Widerstand vertikal durch den Prüfkörper zu messen. Aufgrund des gemessenen Widerstandes der Kohle und der Geometrie des Presslings lässt sich mithilfe der folgenden Formeln die spezifische Leitfähigkeit ermitteln:

$$\Omega_{\text{spezifisch}} = \Omega_{\text{elektrisch}} * \frac{A}{h}$$

$$LF = \frac{1}{\Omega_{\text{spezifisch}} * 1000}$$

$\Omega_{\text{spezifisch}}$ = spezifischer Widerstand in Ohm * cm

$\Omega_{\text{elektrisch}}$ = elektrischer Widerstand in Ohm

A = Fläche des Presslings = Auflagefläche der Elektrode in cm²

H = Höhe des Presslings in cm

LF = Leitfähigkeit in mS/cm

Für die Bestimmung der Leitfähigkeit braucht es eine Gerätschaft zum Verpressen der Pflanzenkohle, ein Multimeter mit der Fähigkeit zur 4-Leitermessung sowie eine Messkonstruktion, in welcher die Pflanzenkohle komprimiert und zugleich der elektrische Widerstand gemessen werden kann. Die Messkonstruktion besteht aus einem Druckkolben dessen Boden und Deckel jeweils aus entsprechenden Kupfer-Elektroden besteht. Die verwendeten Elektroden sind mit einem externen Multimeter zu verbinden. Die Position der Elektroden zueinander erfolgt nicht entlang der Ebene eines Prüfkörpers, sondern an gegenüberliegenden Seiten.

In einem exemplarischen Aufbau ergibt sich zum Beispiel bei einem Probekammervolumen von 10 cm³ ein relevanter Einwaagebereich von 1-2 g einer bei 40 °C getrockneter sowie analysenfein gemahlener Probe. Auf diesen Messaufbau muss unter Verwendung einer Hydraulikpresse (z.B. Kniehebelpresse) ein Druck realisiert werden, welcher im Bereich von 10 – 50 kN ist. Wenn der vorgegebene Zieldruck erreicht ist, wird sofort der Widerstand auf dem Multimeter abgelesen und mittels obiger Formeln umgerechnet. Die mittlere Leitfähigkeit ergibt sich aus dem Mittelwert der Feststoff-Leitfähigkeiten unter 10, 20, 30, 40 und 50 kN Druck.

Diese Methode wurde vom Ithaka Institute und Eurofins entwickelt. Das dazu nötige Messgerät kann über Eurofins bezogen werden. Die Festlegung einer ISO-Norm für dieses Messverfahren wird derzeit angestrebt.

Anhang 2

Analytische Parameter für EBC-Futter

Es gilt jeweils das aktuelle Erscheinungsdatum der jeweiligen Norm. Weitere Beschreibungen in diesem Anhang können Abweichungen und/oder Konkretisierungen in Bezug auf die genannte Norm enthalten. Die kursiv gedruckten Erläuterungen sollen dem Leser nur grundlegende Informationen liefern; die Umsetzung richtet sich ausschließlich und genau nach der referierten Norm.

Spuremetalle DIN EN 15763

0,1 g bis 1 g des getrockneten, gemahlene 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.

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 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

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 isotoopenmarkierter 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.

Kohlenstoff

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 Exsikkator 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 $550^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ so lange belassen, bis keine Kohlepartikel mehr zu erkennen sind. Nach Abkühlung im Exsikkator wird auf 1 mg zurückgewogen. Bei schwierigen Proben erfolgt eine Ammoniumnitratbehandlung entsprechend Methode VDLUFA 8.1.

Anhang 3

Analytische Zusatzparameter

Es gilt jeweils das aktuelle Erscheinungsdatum der jeweiligen Norm. Weitere Beschreibungen in diesem Anhang können Abweichungen und/oder Konkretisierungen in Bezug auf die genannte Norm enthalten. Die kursiv gedruckten Erläuterungen sollen dem Leser nur grundlegende Informationen liefern; die Umsetzung richtet sich ausschließlich und genau nach der referierten Norm.

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 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 ± 5 °C vorgeheizten Ofen gebracht. Nach 7 min (± 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.

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.

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 isotoopenmarkierter 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.

Chrom(VI)

DIN EN 16318: 2016-07

Chrom kann während der Pyrolyse nicht oxidiert werden und wird stattdessen während der Pyrolyse reduziert, d.h. Cr(VI) wird in weniger mobiles und dramatisch weniger toxisches Cr(III) umgewandelt, das bereits als Gesamt-Cr-Gehalt der Pflanzenkohle geregelt ist. Nichtsdestotrotz wird diese Methode angeboten, um bei Bedarf einen analytischen Nachweis für die Einhaltung der Anforderungen der EU-Düngemittelverordnung zu erbringen.

Partikelgrößenverteilung

Die Partikelgrößenverteilung wird durch Siebung nach DIN 66165 oder ASTM D2862 vorgenommen. Zu diesem Zweck werden geeignete Siebe mit aufsteigender Maschenweite übereinandergestapelt. Die Probe wird auf das oberste, weitmaschigste Sieb gelegt, so dass die Pflanzenkohle durch Schütteln und Klopfen ausgesiebt wird. Danach wird das Übermaß auf jedem Sieb gewogen. Pflanzenkohle, die auf weniger als 2 mm vorgesiebt oder entsprechend gemahlen wurde, kann auch mit Hilfe der Laserbeugung gemäß ISO 13320 auf die Partikelgrößenverteilung untersucht werden.

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. [40] 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.

A5. Länderanhang: Schweden

Der schwedische Anhang berücksichtigt spezifische gesetzliche Anforderungen Schwedens und relevante schwedische Zertifikate bezüglich der Grenzwerte für potenzielle Schadstoffe. Der schwedische Anhang ersetzt die jeweiligen EBC-Grenzwerte entsprechend den folgenden Tabellen.

EBC-zertifizierte Pflanzenkohle, die auf dem schwedischen Markt verkauft wird, muss alle Anforderungen der jeweiligen Zertifizierungsklasse des Europäischen Pflanzenkohle Zertifikats und des schwedischen Anhangs erfüllen. Der schwedische Anhang gilt zusammen mit dem Europäischen Pflanzenkohle Zertifikat, ist eine Ergänzung zum EBC und ist daher nicht als eigenständiges Dokument anzusehen.

A5.1 EBC-Anforderungsliste des Schwedischen Anhangs

Die im vorliegenden schwedischen Anhang vorgenommenen Abweichungen und Ergänzungen zum Europäischen Pflanzenkohle Zertifikat betreffen nur die Zertifizierungsklassen EBC-Agro und EBC-AgroBio.

A5.2 EBC-Agro

Die vom EBC festgelegten Grenzwerte für Blei (Pb) und Cadmium (Cd) werden für EBC-zertifizierte Pflanzenkohle, die auf dem schwedischen Markt gehandelt wird, durch die folgenden Grenzwerte ersetzt:

EBC-Referenz	Analyse-Parameter	Grenzwert	Kommentar & Quellen
Kapitel 6.6	Blei (Pb)	100 mg kg ⁻¹ (TM)	Grenzwert übernommen von SNF1998:944 und dem Industriestandard SPCR152.
Kapitel 6.6	Cadmium (Cd)	1 mg kg ⁻¹ (TM)	Grenzwert übernommen vom EU-Ecolabel, Industriestandard SPCR 120 und SPCR 152

A6. Länderanhang: Österreich

Der Anhang für Österreich berücksichtigt die aktuelle österreichische Qualitätsnorm für Pflanzenkohle, die in der ÖNORM S 2211 definiert ist. Dieser Anhang ersetzt den jeweiligen EBC-Grenzwert wie unten dargestellt.

Pflanzenkohle, die mit einem EBC-Zertifikat auf dem österreichischen Markt verkauft wird, muss alle Anforderungen der jeweiligen EBC-Anwendungsklasse sowie den österreichischen Anhang erfüllen. Der österreichische Anhang gilt zusammen mit dem Europäischen Pflanzenkohle-Zertifikat (EBC), ist ein Zusatz zum EBC und darf nicht als eigenständiges Dokument verstanden werden.

A6.1 Liste der Anforderungen für den EBC-Länderanhang Österreich

Die Abweichungen und Ergänzungen vom/zum EBC im vorliegenden österreichischen Anhang betreffen nur die Anwendungsklasse EBC-Agro.

A6.2 EBC-Agro

EBC legt einen Grenzwert für Blei (Pb) fest, aber für EBC-zertifizierte Pflanzenkohle, die auf dem österreichischen Markt verkauft wird, wird dieser Grenzwert gemäß der folgenden Tabelle ersetzt:

EBC-Quelle	Analyse Parameter	Grenzwert	Kommentar/Quelle
Kapitel 7.6	Blei (Pb)	100 mg kg ⁻¹ (TS)	Grenzwert von ÖNORM S 2211

A7. Länderanhang: Schweiz

Die Schweiz war das erste Land in Europa, das den Einsatz von Pflanzenkohle in der Landwirtschaft genehmigte. In dieser frühen Phase mit noch begrenztem wissenschaftlichen Kenntnisstand legten die Schweizer Behörden aufgrund des Vorsorgeprinzips strengere Grenzwerte für bestimmte Parameter fest als die heutigen EBC-Grenzwerte. Der aktuelle Anhang A7 des EBC ersetzt den jeweiligen EBC-Grenzwert wie unten dargestellt.

Pflanzenkohle, die mit einem EBC-Zertifikat auf dem Schweizer Markt gehandelt wird, muss alle Anforderungen der jeweiligen EBC-Anwendungsklasse sowie den Schweizer Anhang erfüllen. Der Schweizer Anhang gilt zusammen mit dem Europäischen Pflanzenkohle-Zertifikat (EBC), ist eine Ergänzung zum EBC und darf nicht als eigenständiges Dokument gelesen werden.

A7.1 Zugelassenes Ausgangsmaterial für die Herstellung von Pflanzenkohle für die Anwendungsklassen EBC-Agro und EBC-AgroBio

Die "Anforderungen und Vorschriften für die Zulassung von Pflanzenkohle" des Bundesamts für Landwirtschaft (BLW) legen fest, dass nur unbehandelte holzige Rohstoffe zur Herstellung von Pflanzenkohle für landwirtschaftliche Anwendungen (EBC-Agro, EBC-AgroBio) zugelassen sind.

A7.2 PAK-Grenzwert für die Anwendungsklassen EBC-FeedPlus, EBC-Agro und EBC-AgroBio

Nach der Schweizerischen Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV [13]) gilt für die Summe der 16 EPA-PAH ein Grenzwert von 4 mg kg⁻¹ TM. Dieser Grenzwert gilt auch für alle Pflanzenkohlen, die in der Landwirtschaft verwendet werden dürfen. Dieser Grenzwert gilt also nicht nur für EBC-Agro und EBC-AgroBio, sondern auch für EBC-FeedPlus.

Der sehr niedrige Grenzwert von 4 mg 16 EPA-PAK pro kg Pflanzenkohle (TM) ist extrem schwierig zu analysieren und können nur mit einer Genauigkeit von 50 % gewährleistet werden, was eine Genauigkeit von ± 2 mg kg⁻¹ (TM) bedeutet.

EBC-Quelle	Analysis parameter	Analysewert	Zertifizierungsklasse	Kommentar / Quelle
Kapitel 7.12	Σ16 EPA PAHs	4 mg kg ⁻¹ ± 2 mg kg ⁻¹ (DM)	EBC-FeedPlus, EBC-Agro, EBC-AgroOrganic	Grenzwert aus Chemikalien Risikoverordnung 814.81, Bern 2022

A7.3 Grenzwert für Cadmium-Gehalt in EBC-Agro zertifizierter Pflanzenkohle

EBC legt einen Grenzwert für Cadmium (Cd) fest, aber für EBC-zertifizierte Pflanzenkohle, die auf dem Schweizer Markt verkauft wird, wird dieser Grenzwert gemäß der folgenden Tabelle ersetzt.

EBC-Quelle	Analysis parameter	Grenzwert	Comment / reference
Kapitel 7.6	Cadmium (Cd)	1 mg kg ⁻¹ (TS)	Grenzwert aus Chemikalien Risikoverordnung 814.81, Bern 2022

A7.4 Weitere Anforderungen und Vorschriften

Bitte beachten Sie die Vorschriften des BLW für die Herstellung von Pflanzenkohle unter dem folgenden Link: <https://tinyurl.com/39wsdfph>

A7. Country Annex: Denmark

The annex for Denmark considers the Danish Ordinance on the use of waste for agricultural purposes (Bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrugsformål, BEK nr 1001, 27/06/2018). This annex defines the application of EBC BasicMaterials biochar in Danish agriculture considering that:

1. the requirements of BEK nr 1001 are fully met,
2. levels of PAHs in biochar are compliant with EBC-Agro,
3. the biochar is labeled as specified in this annex.

The regulation BEK nr 1001 allows the application of defined, sanitized wastes in agriculture, gardening, and forestry. In an advisory opinion³ the Danish Environmental Protection Agency⁴ concluded that pyrolysis at a minimum temperature of 500 °C for a minimum of 3 minutes fulfills the criteria for sanitization. Still, the pyrolysis product in this specific case is legally still considered a waste. Its application to agricultural soil is regulated by BEK nr 1001, which defines limit values for potentially toxic elements in pyrolysis feedstock and in the soil prior to application.

This annex is optional and only applicable to biochars for the Danish market that are produced from manure, sludge from ponds and aquaculture, municipal organic waste, municipal sewage sludge, digestates, industrial sewage sludge, and animal by-products. Any biochar produced exclusively from biomasses not included in the above list shall only be sold for agricultural applications when certified as EBC-Agro, EBC-AgroOrganic or EBC-FeedPlus as specified in the main document of the European Biochar Certificate (EBC).

The Danish annex applies together with EBC, is an addition to the EBC, and shall not be considered a standalone document.

A7.1 Prerequisite for using EBC-BasicMaterial biochar in Danish agriculture

The deviations and additions from/to the EBC certification guidelines in the present Danish annex concern the labelling and intended use of EBC-BasicMaterials, which fulfil the criteria specified below.

A7.1a Permissible biomass

This annex only applies to biochars produced in whole or in part from the following feedstocks (feedstock identifiers / ID refer to the EBC Positive list of permissible biomasses for the production of biochar):

³ A „vejledende udtalelse“ published by “Miljøstyrelsen” (Danish Environmental Protection Agency), which is part of the Miljøministeriet (Danish Ministry for the Environment), is an interpretation of the already existing, relevant set of rules and only indicative. It has no legal effect.

⁴ „Pyrolyse som metode til kontrolleret hygiejnisering iht. affald til jord- bekendtgørelsen“, Danish Environmental Protection Agency (J.nr. 2021-60803, Ref. CASCg, June 22, 2022)

- manure (feedstock-ID AB-02)
- sludge from ponds/aquaculture (feedstock-ID WW-02 or AB-03)
- municipal organic waste (feedstock-ID R-10)
- municipal sewage sludge (feedstock-ID WW-01)
- digestates and industrial sewage sludge (feedstock-ID WW-02, AD-01 – AD-04)
- animal by-products (feedstock-ID AB-01, AB-03)

A7.1b Limit values for potentially toxic elements (PTE) in biochar

EBC does not include limit values for potentially toxic elements for EBC-BasicMaterial. However, for use in Danish agriculture, the limit values for PTE listed in Table 1 must not be exceeded.

Table 7.1: Limit values for EBC-BasicMaterials biochar to be used in Danish agriculture according to the Danish Annex to the European Biochar Certificate. (P_{tot} = total phosphorous, dm = dry matter)

EBC-reference	Analysis parameter	Limit value	Comment / reference
Chapter 7.6	Lead (Pb) ¹	5000 mg kg ⁻¹ P _{tot}	BEK nr 1001, Annex 2
Chapter 7.6	or Lead (Pb)	60 mg/kg kg ⁻¹ DM	BEK nr 1001, Annex 2
Chapter 7.6	Cadmium (Cd)	100 mg kg ⁻¹ P _{tot}	BEK nr 1001, Annex 2
Chapter 7.6	or Cadmium (Cd)	0,8 mg/kg kg ⁻¹ DM	BEK nr 1001, Annex 2
Chapter 7.6	Copper (Cu)	1000 mg kg ⁻¹ DM	BEK nr 1001, Annex 2
Chapter 7.6	Nickel (Ni)	2500 mg kg ⁻¹ P _{tot}	BEK nr 1001, Annex 2
Chapter 7.6	or Nickel	30 mg kg ⁻¹ DM	BEK nr 1001, Annex 2
Chapter 7.6	Mercury (Hg)	200 mg kg ⁻¹ P _{tot}	BEK nr 1001, Annex 2
Chapter 7.6	or Mercury (Hg)	0,8 mg kg ⁻¹ DM	BEK nr 1001, Annex 2
Chapter 7.6	Zinc (Zn)	4000 mg kg ⁻¹ (DM)	BEK nr 1001, Annex 2
Chapter 7.6	Chromium (Cr)	100 mg kg ⁻¹ (DM)	BEK nr 1001, Annex 2
Chapter 7.6	Arsenic (As) ¹	25 mg kg ⁻¹ (DM)	BEK nr 1001, Annex 2

¹: For lead and arsenic, BEK nr 1001 defines two different limit values; The stricter limits for home garden applications are applied in this annex.

A7.1c Limit values for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in biochar

EBC defines a limit value of 4 mg kg⁻¹ for the 8 EFSA PAH for EBC-BasicMaterial. However, for use in soil according to this annex, levels of PAHs in biochar must be compliant with EBC-Agro, i.e.:

- Limit value of 6±2.4 mg kg for the 16 EPA PAH, and
- Limit value of 1 mg kg⁻¹ for the 8 EFSA PAH

must not be exceeded. For more information on this topic, see Chapter 7.12 of the EBC guidelines.

A7.1d Limit values for the feedstock

According to the advisory opinion of the Danish Environmental Protection Agency, the limit values for potentially toxic elements are to be applied to the feedstock in its initial state. In principle, most trace elements are not volatile in pyrolysis and thus accumulate through mass loss in pyrolysis. However, others, such as mercury, and to a certain extent also cadmium, are volatile, so that an analysis of the biochar does not provide sufficient information about the feedstock. Therefore, the biochar feedstock must also be analyzed in accordance with national requirements to demonstrate compliance with the following limit values. If feedstocks are mixed, e.g., when sewage sludge from different wastewater treatment plants is treated in a single pyrolysis plant, the different sewage sludges must be examined individually according to the relevant standards for sewage sludge analysis.

Table 7.2: Limit values of feedstock to produce EBC-BasicMaterial biochar to be used in Danish agriculture according to the Danish Annex to the European Biochar Certificate. (P_{tot} = total phosphorous, DM = dry matter) Limit values apply for individual feedstock prior to mixing feedstock from different sources.

Analysis parameter	Limit value	Comment / reference
Lead (Pb) ¹	10000 mg kg ⁻¹ P _{tot}	BEK nr 1001, Annex 2
or Lead (Pb)	120 mg/kg kg ⁻¹ DM	BEK nr 1001, Annex 2
Cadmium (Cd)	100 mg kg ⁻¹ P _{tot}	BEK nr 1001, Annex 2
or Cadmium (Cd)	0,8 mg/kg kg ⁻¹ DM	BEK nr 1001, Annex 2
Copper (Cu)	1000 mg kg ⁻¹ DM	BEK nr 1001, Annex 2
Nickel (Ni)	2500 mg kg ⁻¹ P _{tot}	BEK nr 1001, Annex 2
or Nickel	30 mg kg ⁻¹ DM	BEK nr 1001, Annex 2
Mercury (Hg)	200 mg kg ⁻¹ P _{tot}	BEK nr 1001, Annex 2
or Mercury (Hg)	0,8 mg kg ⁻¹ DM	BEK nr 1001, Annex 2
Zinc (Zn)	4000 mg kg ⁻¹ (DM)	BEK nr 1001, Annex 2
Chromium (Cr)	100 mg kg ⁻¹ (DM)	BEK nr 1001, Annex 2

A7.2 Labelling of the product

Biochar certified as EBC-BasicMaterial for the Danish market that fulfills the criteria as detailed in A7.1 may be sold for the use in agriculture. However, the application is restricted according to the regulation BEK nr 1001. This includes:

- Maximum application rate of 7 tons of dry matter per hectare per year, calculated as a 10-year average in agriculture and 15 tons per year in parks, forests and where no perishable crops are grown.
- Only to be applied on soils not exceeding the trace metal content specified in annex 4 of BEK nr 1001

Therefore, a clear reference on the packaging and/or delivery bills and accompanying documents is mandatory:

“only for soil application in Denmark according to BEK nr 1001”

The notice may be linguistically adapted and should be noted in Danish and English. Furthermore, the rules of chapter 12 of the EBC (Labeling and Advertising with EBC Certification) do apply.