



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Wirtschaft,
Bildung und Forschung WBF

Agroscope

ithaka institute for carbon intelligence

Pflanzkohle-Qualitäten und ihre Einsatzmöglichkeiten

Nikolas Hagemann, et al.

Agroscope, Zürich

Ithaka Institut, Arbaz und Freiburg/Breisgau

FACHTAGUNG 2021

PFLANZENKOHLE GOES MAINSTREAM

ONLINE BEI ZOOM

FACHTAGUNG
8. BIS 9.
NOV. 2021
ONLINE

So viele Zeichen schalten gerade auf Grün: die Aufnahme im Koalitionsvertrag der Landesregierung in Baden-Württemberg, die kommende Freigabe alternativer Rohstoffe in der Düngemittelverordnung, die Verpflichtung Berlins zu mehr Klimaschutz durch das Bundesverfassungsgericht.... Es wird also Zeit, dass wir den Weg der Pflanzenkohle in den Mainstream gemeinsam vorbereiten.



Definition nach European
Biochar Certificate

Erfüllen von
Spezifikationen
("meeting spec")

Pflanzenkohle-Qualitäten und ihre Einsatzmöglichkeiten

Die Qualität definiert den
möglichen Einsatzbereich



Definition Pflanzenkohle nach EBC *European Biochar Certificate*

Pflanzenkohle ist ein
kohlenstoffhaltiges

Was hier bewusst nicht steht:

- Kohlenstoffgehalt!

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.



Definition Pflanzenkohle nach EBC *European Biochar Certificate*

Als Pyrolyse gilt hierbei die thermochemische Konversion von Biomassen bei stark reduziertem Sauerstoffgehalt und bei Temperaturen zwischen 350°C und 1000 °C.

[...]

Biomasse-Vergasung ist ein Spezialfall der Pyrolyse und kann, wenn sie für die Herstellung von Pflanzenkohle optimiert ist, ebenfalls nach dem EBC zertifiziert werden.

Kontinuum Pyrolyse – Vergasung - Verbrennung

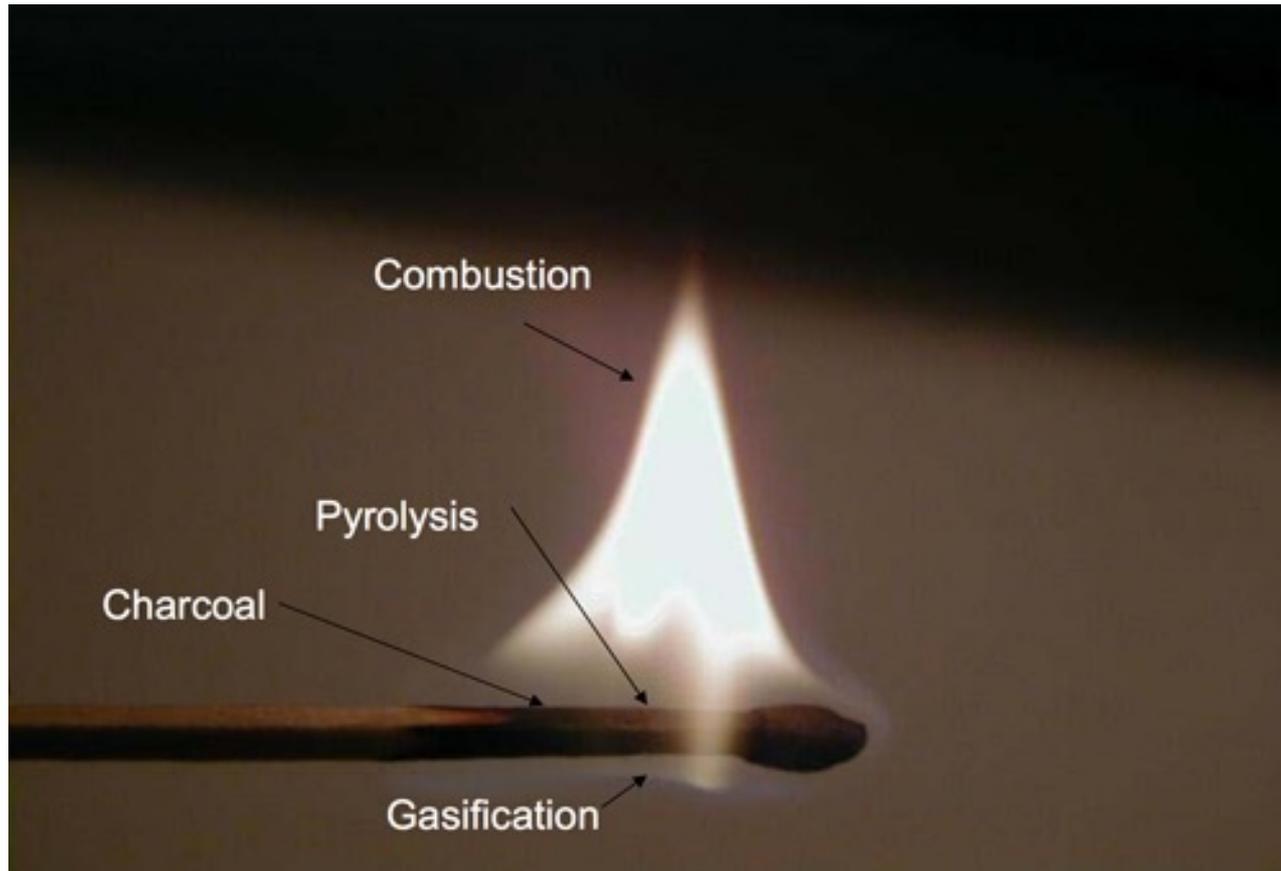
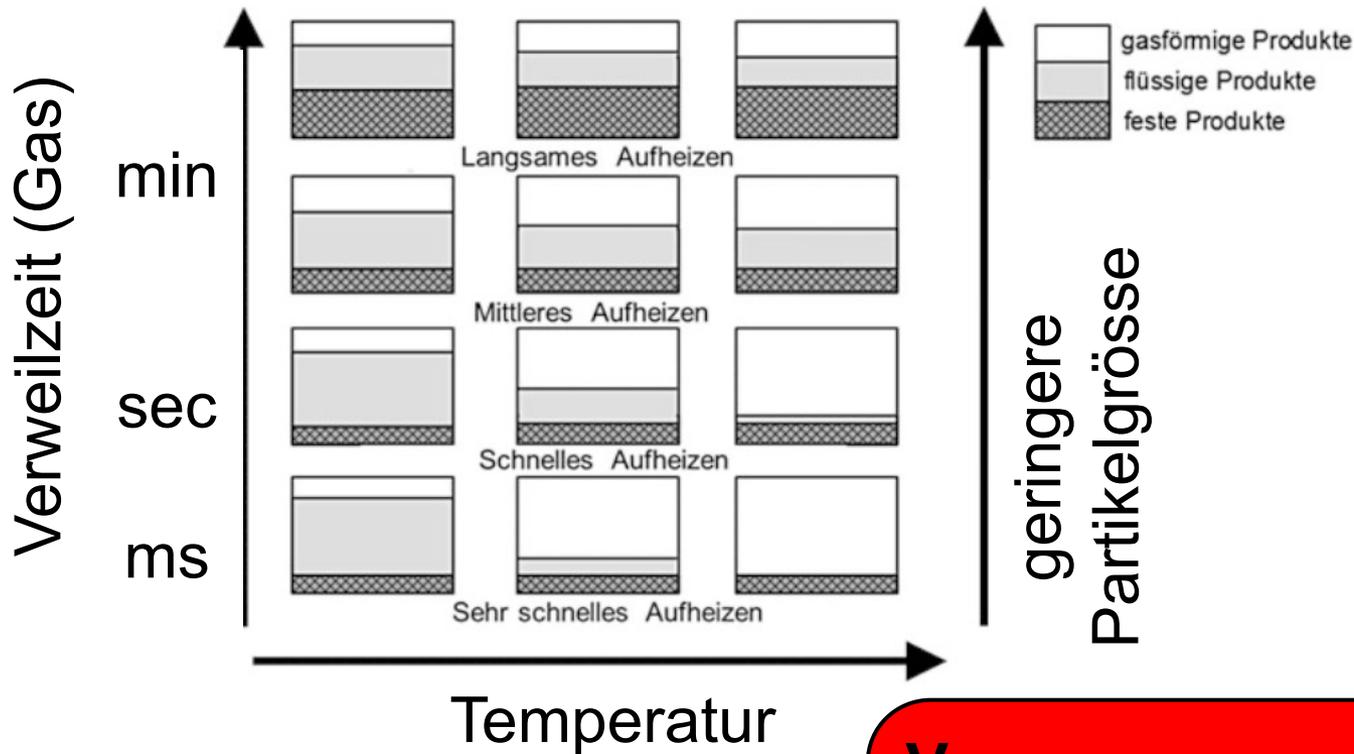


Bild: Thomas Reed



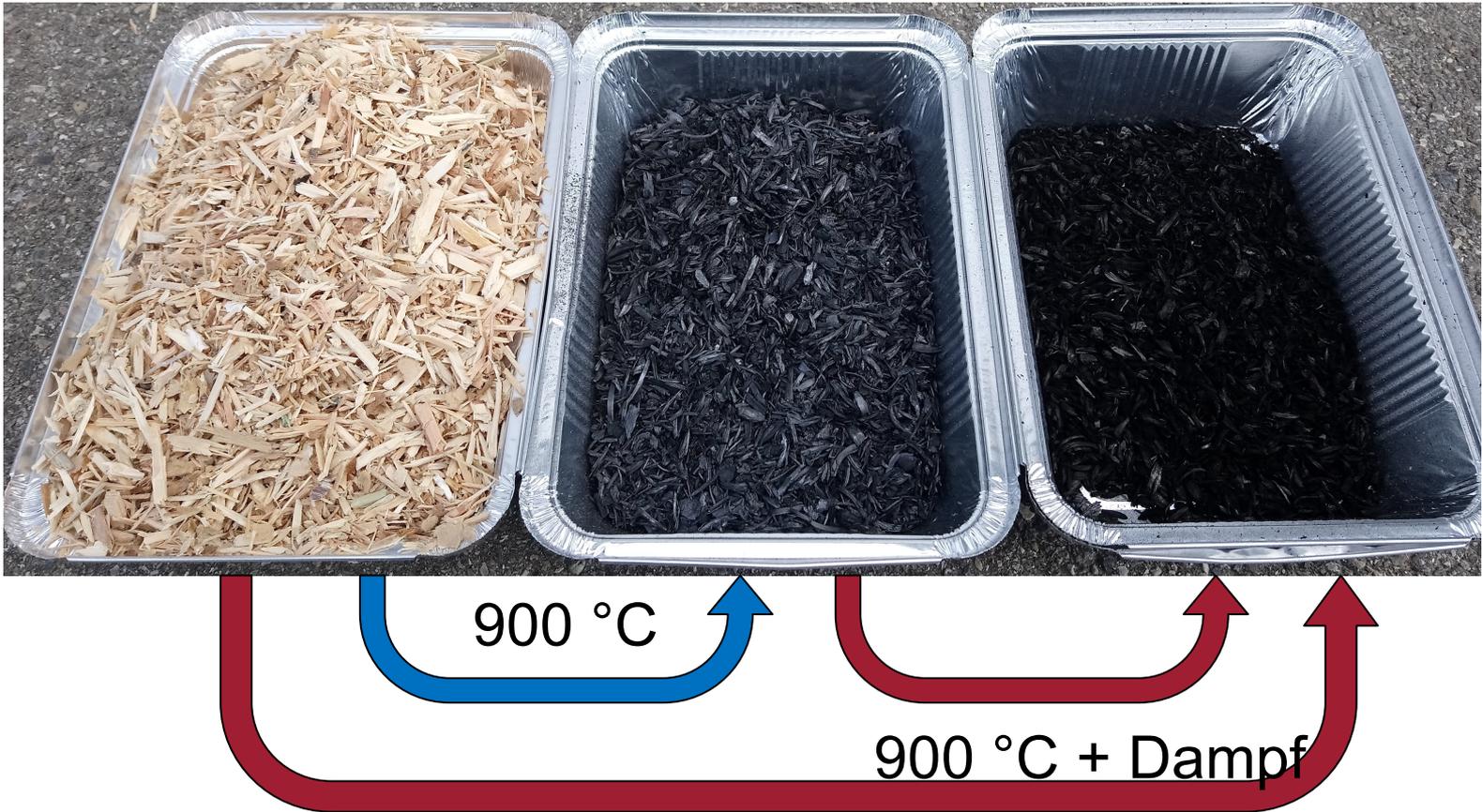
Stellschrauben bei der Pyrolyse



Vergasung:
mehr Sauerstoff
längere Verweilzeit
⇒ mehr Gas, weniger Kohle



Pyrolyse und Aktivierung



Aktivierung = Vergrößerung der spezifischen Oberfläche

- Durch Behandlung mit oxidativen Gasen (Dampf, CO_2)
- Durch Behandlung mit dehydratisierenden und ggf. Oxidierenden Salzen, Säuren, Basen (ZnCl uva.)



Stellschrauben bei der Pyrolyse: Reaktor-Design

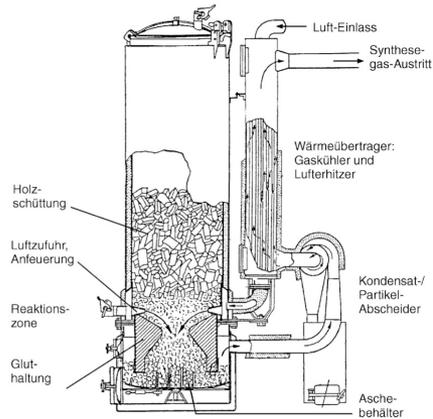
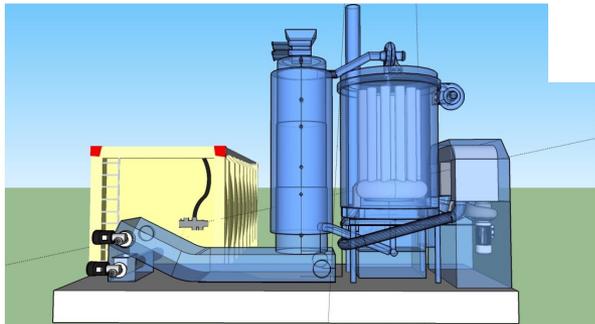
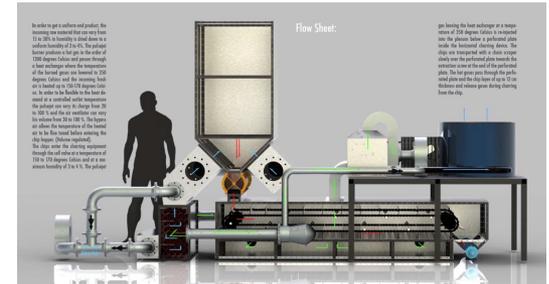
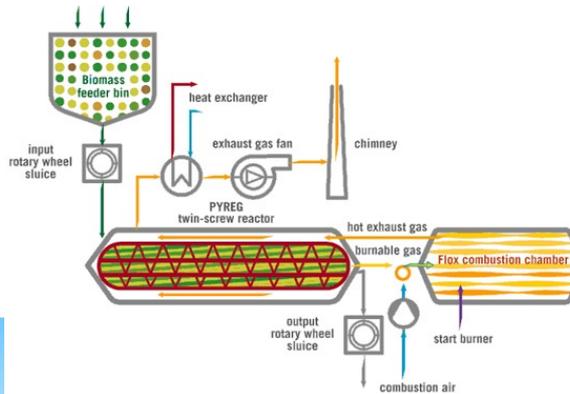
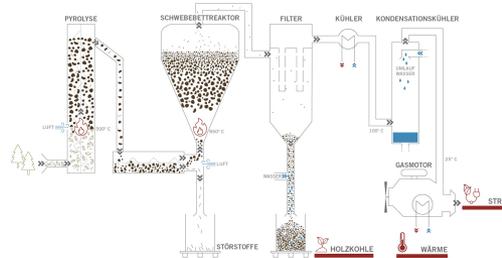
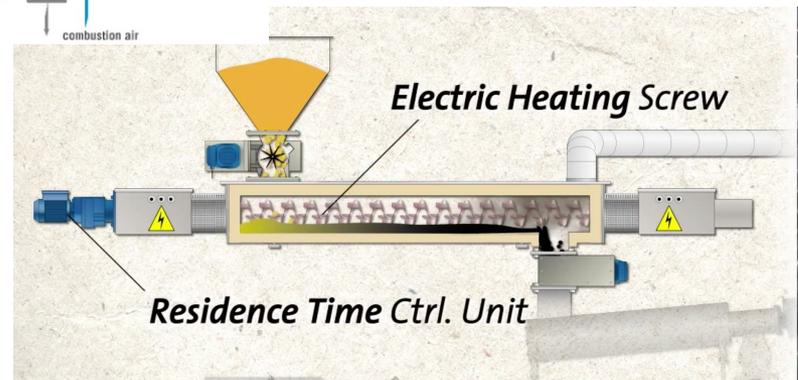


Abb. 14.3 Imbert-Vergaser im Schnitt



Pyrolyseanlage zur thermischen Verwertung von Biomasse CPP800



Syncraft, Carbon Technik Schuster, Pyreg, Compaq/Ökozentrum, VT Green, uva.



Definition nach European
Biochar Certificate

Erfüllen von
Spezifikationen
("meeting spec")

Pflanzenkohle-Qualitäten und ihre Einsatzmöglichkeiten

Die Qualität definiert den
möglichen Einsatzbereich



Definition Pflanzenkohle nach EBC *European Biochar Certificate*

Pflanzenkohle wird sowohl durch

- ihre Qualitätsmerkmale als auch durch
 - ihre Ausgangsprodukte,
 - nachhaltige Herstellung
 - Anwendung
- definiert.

=> niedrige Emissionen etc.

=> Kohlenstoffsенke



Schadstoffgehalte als Q-Merkmal

Die EBC Anwendungsklassen

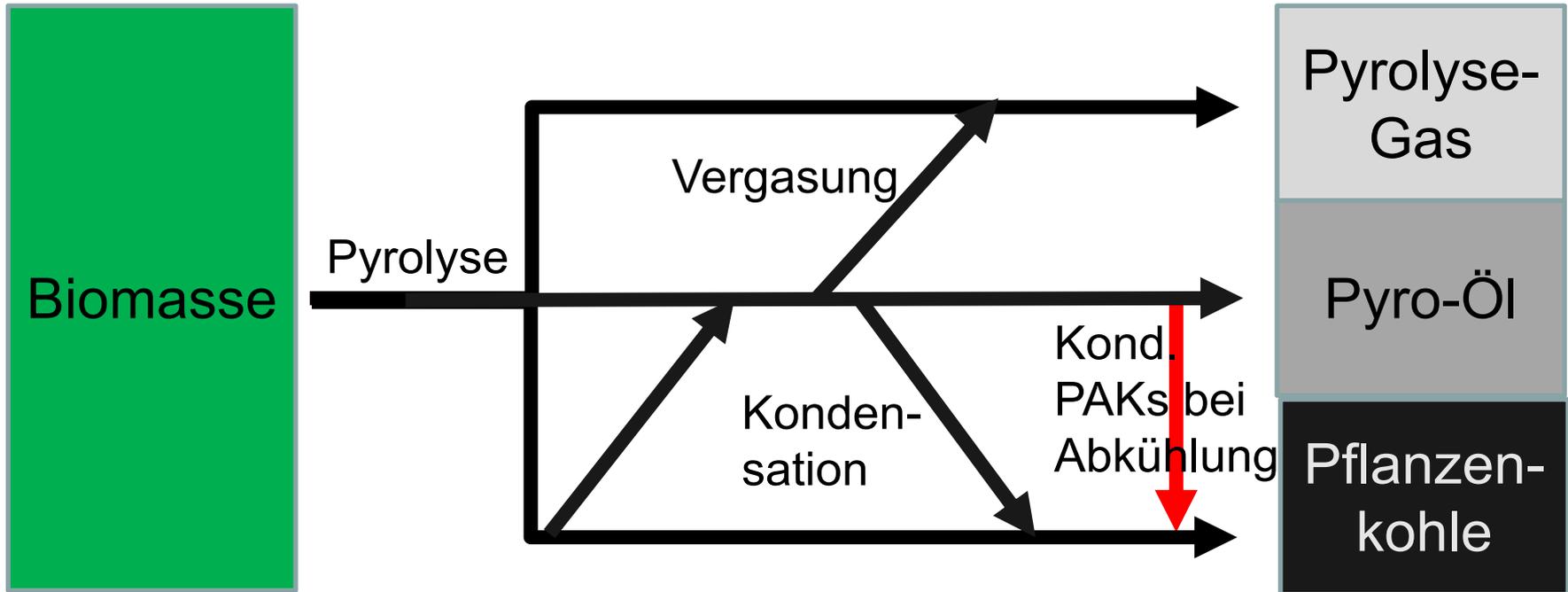
Anwendungsklasse	PAK-Grenzwert (16 EPA PAK)	Anwendungsbereich
EBC Material	30 mg kg ⁻¹	Für die Anwendung z.B. in Kunststoffen oder mineralischen Baustoffen.
EBC Agro	6 mg kg ⁻¹	Für die bodenbezogene Anwendung, insbesondere im landwirtschaftlichen Bereich innerhalb der EU
EBC AgroBio	4 mg kg ⁻¹	Für die bodenbezogene Anwendung in der Schweiz nach Bewilligung des BLW sowie für die EG-Biolandwirtschaft
EBC Feed	4 mg kg ⁻¹ sowie 25 mg t ⁻¹ (88% TS) Benzo[a]pyren	Für die Anwendung als Futtermittel nach der EU Verordnung für Einzelfuttermittel («pflanzliche Kohle»). Dringend empfohlen auch für die Anwendung als Stalleinstreu, wenn davon auszugehen ist, dass auch die Stalleinstreu gefressen wird.

Die einzelnen Klassen unterscheiden sich auch in den zulässigen Ausgangsmaterialien und den Grenzwerten für Schwermetalle (nicht dargestellt).



Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

- PAK werden bei der Pyrolyse von Biomasse gebildet und sind aufgrund ihres Siedepunkts in der Gasphase
- Bei PAK-belasteter Biomasse werden die PAK ausgetrieben





Positivliste zulässiger Biomassen

Positivliste zulässiger Biomassen zur Herstellung von Pflanzenkohlen

European Biochar Certificate

Biomassen

Herkunft	Ausgangsmaterial	ID	EBC-Material	EBC-Agro	EBC-AgroBio	EBC-Futter	Spezielle Anforderungen und Hinweise
Landwirtschaft	Einjährige Energiepflanzen (z.B. Mais, Raps, Zuckerrüben, Sonnenblumen), die spezifisch für die energetische oder stoffliche Biomassenutzung angebaut wurden (NAWARO).	Ag-01	✓	✓	✓	✓	Für EBC-AgroOrganic nur aus biologischem Anbau. Für C-Senken Zertifizierung muss die Menge der eingesetzten Düngemittel deklariert werden.
	Mehnjährige Energiepflanzen (z.B. Miscanthus, durchwachsene Silphie, Wiesenschnitt), die spezifisch für die energetische oder stoffliche Biomassenutzung angebaut werden (NAWARO).	Ag-02	✓	✓	✓	✓	Für EBC-AgroOrganic nur aus biologischem Anbau. Für C-Senken Zertifizierung muss die Menge der eingesetzten Düngemittel deklariert werden.
	Holzige Biomasse aus Kurzumtriebsplantagen (KUP)	Ag-03	✓	✓	✓	✓	Für EBC-AgroOrganic nur aus biologischem Anbau. Für C-Senken Zertifizierung muss die Menge der eingesetzten Düngemittel deklariert werden.
	Baum-, Reben- und Strauchschnitt	Ag-04	✓	✓	✓	✓	Insbesondere auf Schwermetalle aus Pflanzenschutzspritzungen achten.
	Emterückstände wie Stroh, Kraut, Blätter, Strünke	Ag-05	✓	✓	✓		Insbesondere auf Schwermetalle aus Pflanzenschutzspritzungen achten.
	Altstroh, Spelzen- und Getreidestaub	Ag-06	✓	✓	✓		Arbeitsschutz bei stark staubenden Biomassen beachten.
	Gemüse	Ag-07	✓	✓	✓		Nur Rest- und Abfallstoffe, die nicht oder nicht mehr als Futtermittel verwendet werden können. Für EBC-AgroOrganic nur aus biologischem Anbau
	Saatgut	Ag-08	✓	✓	✓		Dies betrifft nur verfallenes Saatgut. Für EBC-AgroBio nur Saatgut aus biologischem Anbau.
Forstwirtschaft und Holzverarbeitung	Rinde	F-01	✓	✓	✓	✓	
	Holzschäl- und Häckselgut, nur mechanisch behandeltes Holz (Altholz A1)	F-02	✓	✓	✓	✓	Nur aus zertifiziertem, nachhaltigem Anbau. Zugelassen ist das FSC und das PEFC-Siegel, weitere auf Antrag.
	Holz, Holzreste aus mechanischer Bearbeitung (Altholz A1)	F-03	✓	✓	✓	✓	Nur aus zertifiziertem, nachhaltigem Anbau. Zugelassen ist das FSC und das PEFC-Siegel, weitere auf Antrag.
	Sägemehl, Sägespane, Holzwole aus nicht-chemisch behandeltem Holz (Altholz A1)	F-04	✓	✓	✓	✓	Für EBC-Agro, EBC-AgroBio und EBC-Feed nur aus naturbelassenem Holz
							Kein Strassenwischgut. Im Betriebshandbuch können besondere



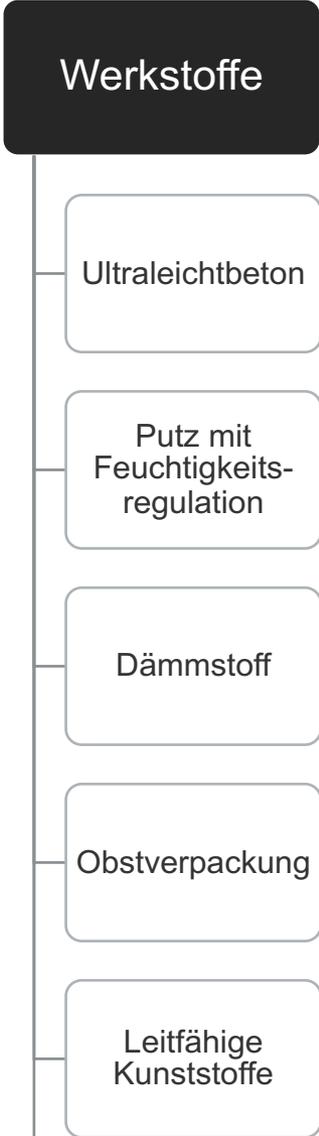
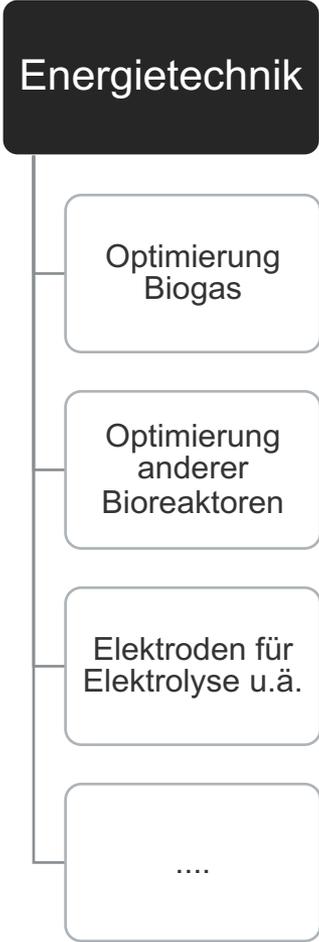
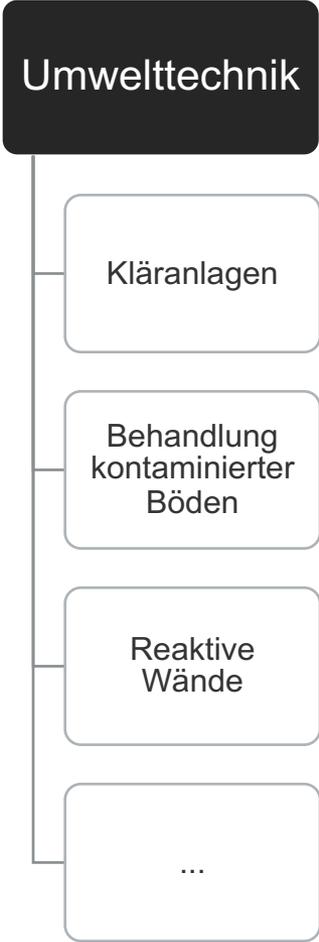
Definition nach European
Biochar Certificate

Erfüllen von
Spezifikationen
("meeting spec")

Pflanzenkohle-Qualitäten und ihre Einsatzmöglichkeiten

Die Qualität definiert den
möglichen Einsatzbereich

Anwendungen von Pflanzenkohle



A
1847
BRIEF COMPEND
OF
AMERICAN
AGRICULTURE,

BY R. L. ALLEN.

THIRD EDITION.

NEW-YORK:
PUBLISHED FOR THE AUTHOR,
BY C. M. SAXTON,
205 Broadway.

1847.

Richard L. Allen, 1847:

Beschreibt die Verwendung von *Holzkohle* als:

- Zusatz für Tierfutter,
- Kompostadditiv,
- Bindemittel für Urin als Düngemittel

⇒ Beschreibt damit bereits die „Kaskaden-Nutzung“

Die 55 Anwendungen von Pflanzenkohle



Bodenhilfsstoff

- Träger für Düngemittel
- Zusatz in Kunsterden
- ...

Tierhaltung

- Silagehilfsmittel
- Futterzusatz
- Einstreu
- ...

Umwelttechnik

- Kläranlagen
- Behandlung kontaminierter Böden
- Reaktive Wände
- ...

Energietechnik

- Optimierung Biogas
- Optimierung anderer Bioreaktoren
- Elektroden für Elektrolyse u.ä.
-

Werkstoffe

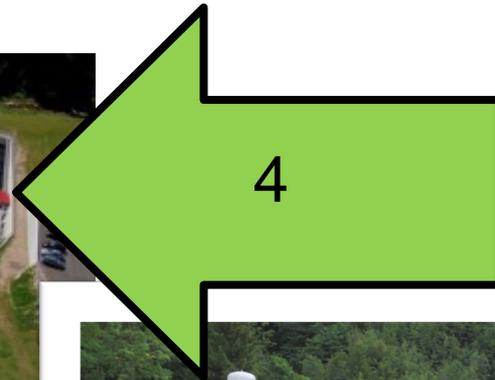
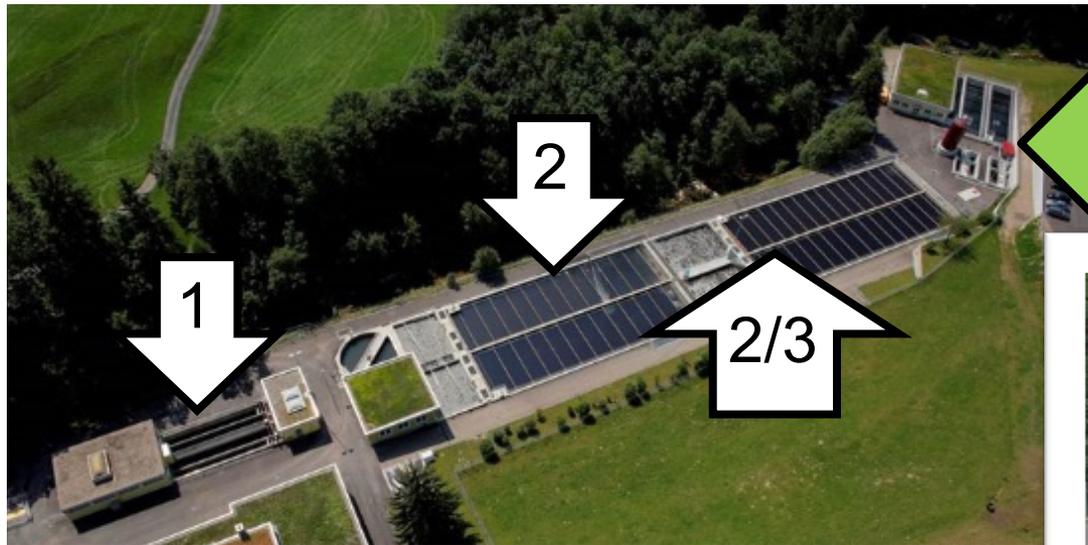
- Ultraleichtbeton
- Putz mit Feuchtigkeitsregulation
- Dämmstoff
- Obstverpackung
- Leitfähige Kunststoffe

Regenwasser-Versickerung und Reinigung





Abwasserreinigung – Ersatz Aktivkohle



- 1. Stufe: Mechanische Reinigung
- 2. Stufe: Biologische Reinigung
- 3. Stufe: Chemische Reinigung

- 4. Stufe: *Elimination von organischen Mikroverunreinigungen*
➤ *Ozonung und/oder Einsatz von Aktivkohle*

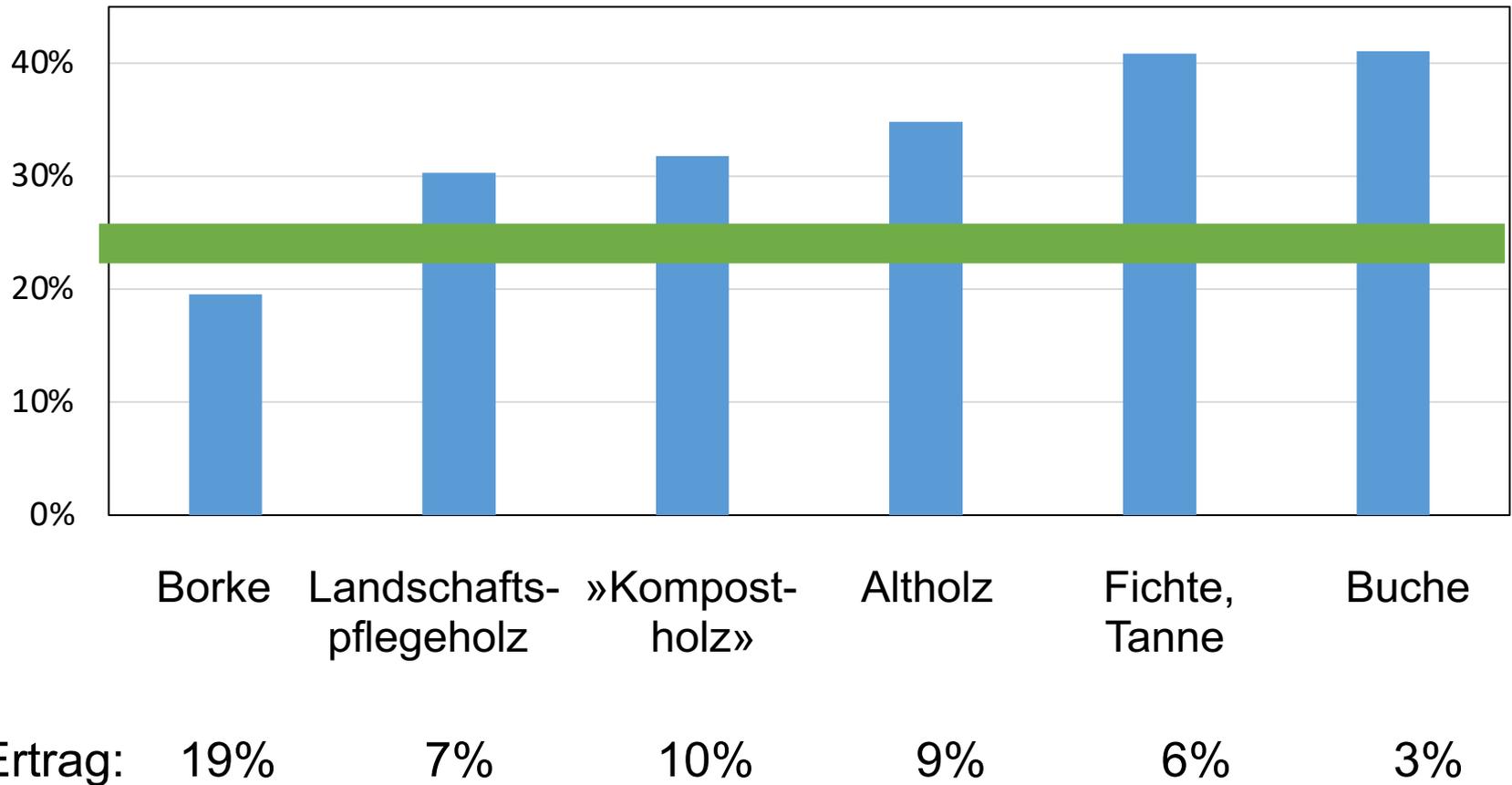


Einfluss Holzqualitäten

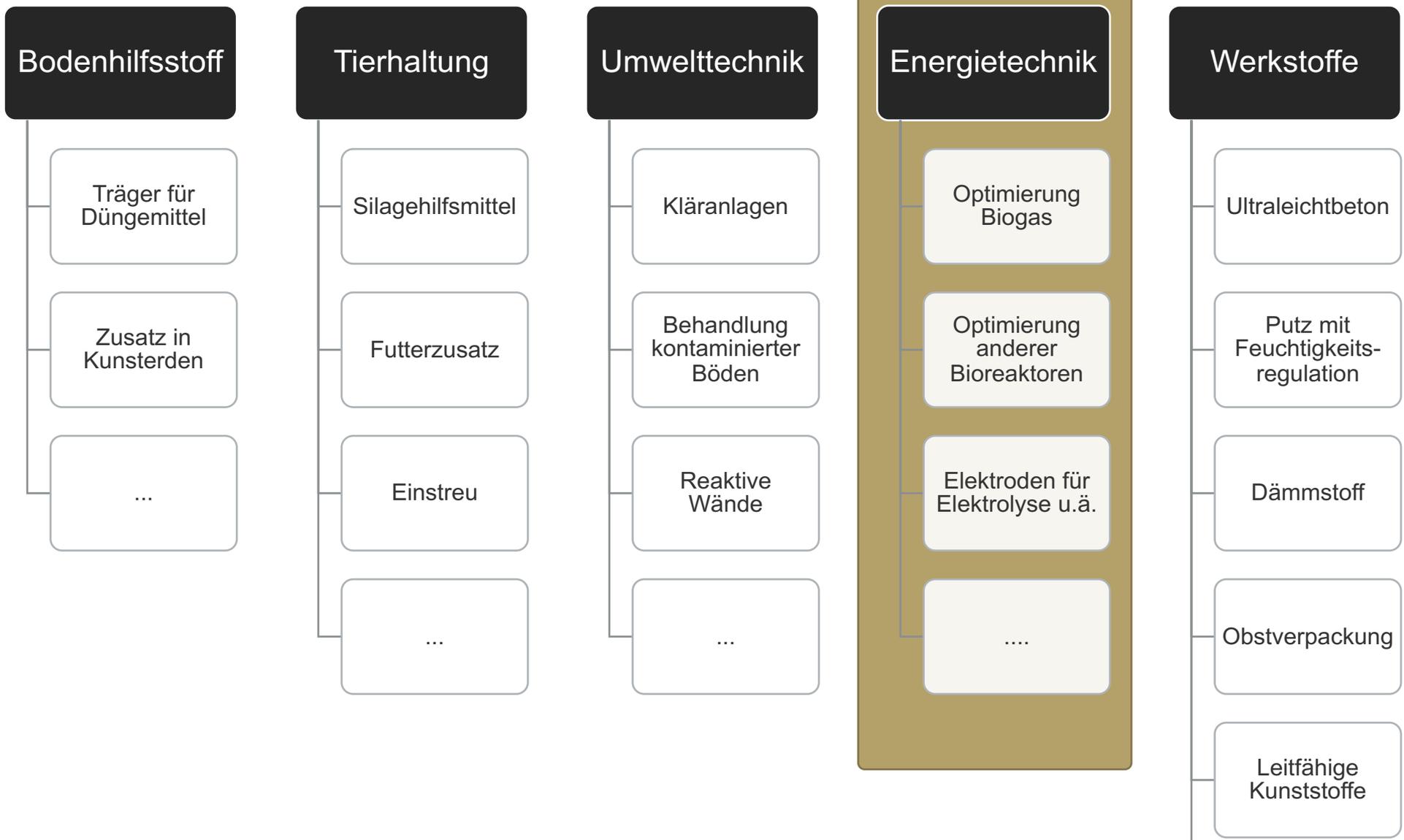
Holz-PAK produziert in 10 min bei 900°C

Reduktion UV-Abs in Ablauf NKB Werdhölzli bei 10 mg/L nach 24 h

(grün = Carbopal AP - 22-24%)



Die 55 Anwendungen von Pflanzkohle



Pflanzenkohle in der Biogasanlage



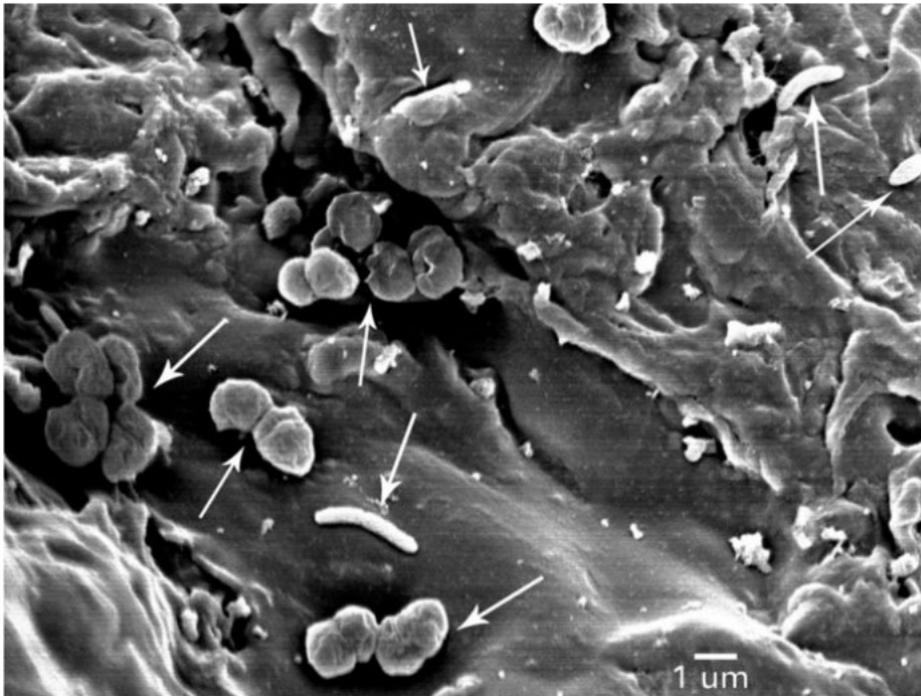
- Pflanzenkohle kann Substratdurchsatz erhöhen!

Nicht alle
Forschungsergebnisse
praxisrelevant!

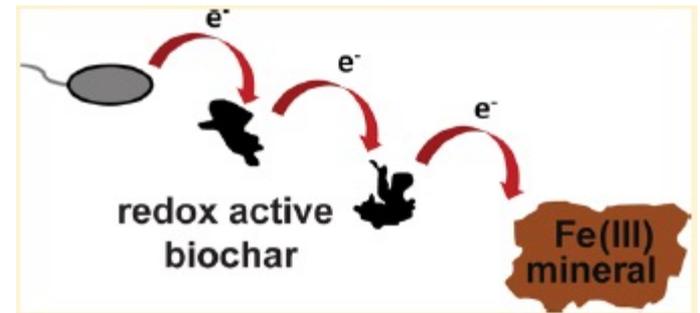
Pflanzenkohle hilft Mikroorganismen beim „Verdauen“

Elektronentransfer und Elektronenshuttle – „Geoconductor“

Figure 7: Scanning electron micrograph of a syntrophic co-culture of *G. metallireducens* (rods) and *M. barkeri* (spheres) with the BEC biochar.



Chen, 2014, SR



Kappler, 2014, EST Letters

Die 55 Anwendungen von Pflanzkohle

Bodenhilfsstoff

- Träger für Düngemittel
- Zusatz in Kunsterden
- ...

Tierhaltung

- Silagehilfsmittel
- Futterzusatz
- Einstreu
- ...

Umwelttechnik

- Kläranlagen
- Behandlung kontaminierter Böden
- Reaktive Wände
- ...

Energietechnik

- Optimierung Biogas
- Optimierung anderer Bioreaktoren
- Elektroden für Elektrolyse u.ä.
-

Werkstoffe

- Ultraleichtbeton
- Putz mit Feuchtigkeitsregulation
- Dämmstoff
- Obstverpackung
- Leitfähige Kunststoffe

Baumaterialien



Asphalt:

- Füllmaterial
- Klimaneutralität

Beton:

- Teil-Ersatz Bindemittel
- Toleranz ggü. Sandqualität
- Klimaneutralität

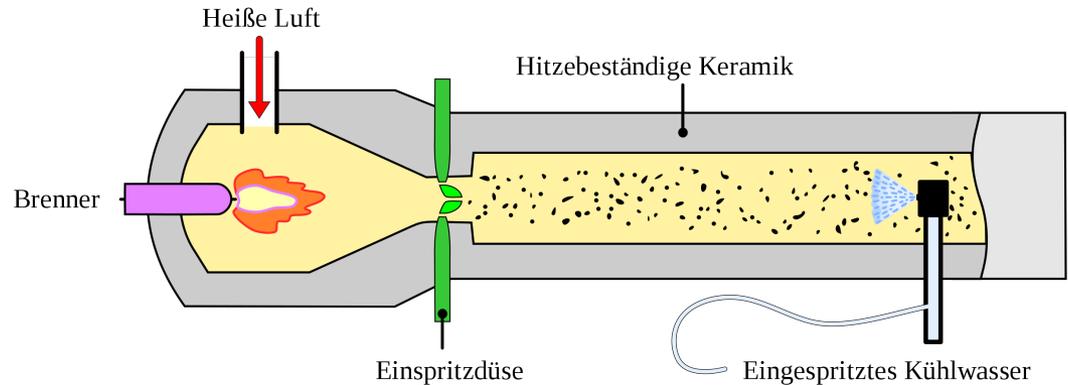
Bilder: EBI, Syncraft



Ersatz von Industrie-Ruß

globaler Bedarf:
ca. 10 Millionen to

- viele Qualitäten
- bis 99% C
- Partikelgröße



https://de.wikipedia.org/wiki/Ruß#/media/Datei:Oil_furnace_method.svg



Leitfähige PE-Schlauchfolie

Nikolas Hagemann, et al. - Agroscope und ithaka institut



<https://www.reifen-center-ac.de>

Die EBC Anwendungsklassen

▪

Anwendungsklasse	PAK-Grenzwert (16 EPA PAK)	Anwendungsbereich
EBC Material	30 mg kg ⁻¹	Für die Anwendung z.B. in Kunststoffen oder mineralischen Baustoffen.
EBC Agro	6 mg kg ⁻¹	Für die bodenbezogene Anwendung, insbesondere im landwirtschaftlichen Bereich innerhalb der EU
EBC AgroBio	4 mg kg ⁻¹	Für die bodenbezogene Anwendung in der Schweiz nach Bewilligung des BLW sowie für die EG-Biolandwirtschaft
EBC Feed	4 mg kg ⁻¹ sowie 25 mg t ⁻¹ (88% TS) Benzo[a]pyren	Für die Anwendung als Futtermittel nach der EU Verordnung für Einzelfuttermittel («pflanzliche Kohle»). Dringend empfohlen auch für die Anwendung als Stalleinstreu, wenn davon auszugehen ist, dass auch die Stalleinstreu gefressen wird.

Die einzelnen Klassen unterscheiden sich auch in den zulässigen Ausgangsmaterialien und den Grenzwerten für Schwermetalle (nicht dargestellt).



European Biochar Certificate



Der EBC Standard



- Zertifizierung von Pflanzenkohle seit 2011
- Industriestandard (anerkannt durch das Europäische Pflanzenkohle Industrie-Konsortium EBI), in einigen Ländern rechtsverbindlich
- Unabhängige, staatlich akkreditierte Vor-Ort-Kontrolle
- Akkreditierte Labore und spezifizierte Pflanzenkohle-Analysen
- Stand Okt '21: 50 Unternehmen in 12 Ländern zertifiziert
- Für Pflanzenkohlehersteller, Veredler/Verarbeitungsbetriebe, Händler
- Erste Kohlenstoff-Senken-Zertifizierung, seit 2020
- Das EBC wird von der Foundation Ithaka Institute (CH) entwickelt und betrieben



Die Ziele des EBC

- Definition von Pflanzenkohle auf Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse
- Gewährleistung der Sicherheit für Mensch und Umwelt bei der Anwendung von Pflanzenkohle
- Sicherstellung der nachhaltigen Produktion von Pflanzenkohle
- Konformität mit nationalen und/oder EU-Vorschriften
- Schaffung von Markttransparenz durch teilweise Offenlegung von Analysen



Was der EBC Standard nicht ist:

- Nachweis der Eignung einer Pflanzenkohle für eine bestimmte Anwendung, der über die Einstufung in die EBC-Klassen hinausgeht
- Nachweis einer "Vorzüglichkeit" einer Pflanzenkohle in Bezug auf Eigenschaften oder Leistungsfähigkeit.



Welche Pflanzenkohle ist für welche Anwendung am besten geeignet?

Wir wissen es nicht.

Wir wissen genug, um Pflanzenkohle sicher anwenden zu können.

Aber wir haben bisher nur ein eingeschränktes mechanistisches Verständnis für die Zusammenhänge von basalen PK-Eigenschaften und ihrer Wirkungen.



Welche Pflanzenkohle ist für welche Anwendung am besten geeignet?

- Holz als Ausgangsmaterial wird überschätzt: Aschereiche Pflanzenkohlen (z.B. Stroh, Gärreste) zeigen sehr gute Ergebnisse im Ackerbau und in der Fütterung und gelten als aussichtsreich für den Einsatz in mineralischen Baustoffen.
- Kohlenstoffgehalt ist kein Mass für Vorzüglichkeit (mit Ausnahmen: z.B. Ruß, Ausgangsmaterial für Aktivkohle)
- bestehendes Wissen und Regulierungen müssen berücksichtigt werden (z.B. Futter => GMP+ Zertifizierung)
- Kohlenstoffeffizienz bzw. Wirkungsgrad der Herstellung muss stärker beachtet werden.
- Bedeutung Nachbehandlung (Nährstoffe) und Applikationsform (Wurzelzonenapplikation!)



Das EBC entwickelt sich weiter.

- Neuer Besitzer: Carbon Standard International AG
- Prüfung neuer Rohstoffe (Projekt PyCMan, Klärschlamm)
- Prüfung der Plastik-Kontamination (BAFU-Projekt)
- Weiterentwicklung der Klassen, Nachschärfung PAK



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Nikolas Hagemann

nikolas.hagemann@agroscope.admin.ch

hagemann@ithaka-institut.org

Agroscope gutes Essen, gesunde Umwelt

www.agroscope.admin.ch

