

Pflanzenkohle

einzigartig wertvoll für Böden und für's Klima



MSc. Geoökologe Christian Ahrens
Goerzallee 299
14167 Berlin
www.anychar.de



- Pflanzenkohle schon seit dem Studium im Blickfeld
- Schadstoffproblematik damals ungelöst
- Seit 2018 intensive Beschäftigung
- Überzeugen müssen Sie sich selbst

MSc. Geoökologe Christian Ahrens

02/2022 – aktuell	AnyChar Consulting als selbständiger freiberuflicher Berater
11/2015 – aktuell	Projekt- und Niederlassungsleiter Nuclear Control & Consulting GmbH
10/2007 – 06/2014	Bachelor- und Masterstudium Geoökologie an der TU Braunschweig

Wo beginnen? – Worum geht es?

- Der europäische „Green Deal“
- Verbrennung oder Pyrolyse
- Pflanzenkohle als C-Senke (Biochar Carbon Removal –BCR)
- Pyrolysetechnik
- Bodenschutz- und Düngemittelrecht
- Anwendungsfelder
- Chancen & Risiken

Der europäische „Green Deal“

Eine geplante Revolution aller Lebensbereiche

Inhalte des „Green Deal“



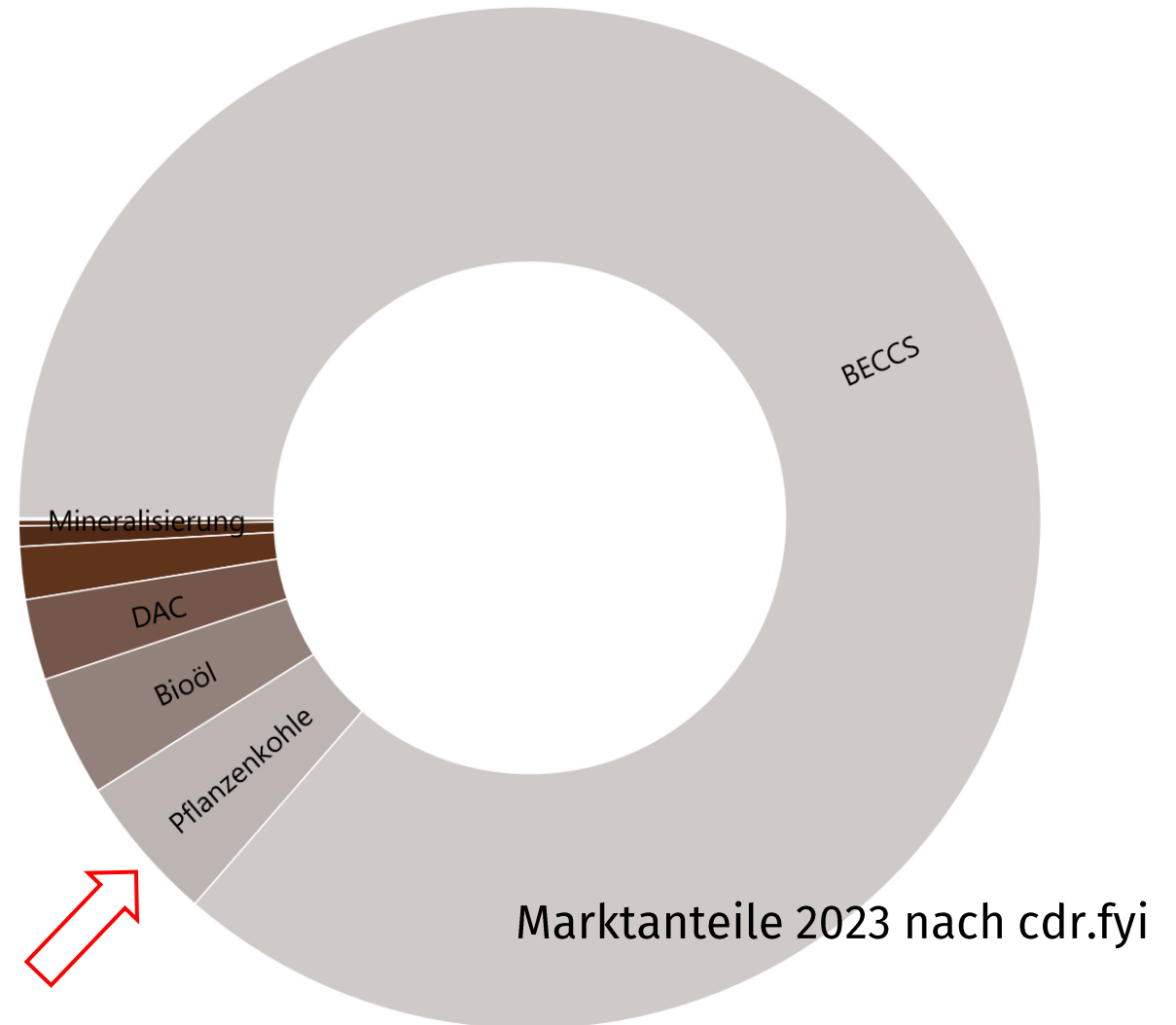
Klimaschutz

- Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12.12.2019
 - Reduktion THG-Ausstoß um 65% bis 2030 → 88% bis 2040
 - Netto-Treibhausgasneutralität bis 2045
 - „Negative“ Treibhausgasemissionen ab 2050
- Aufbau von Kohlenstoffsenken-Technologien heute erforderlich!
→ Welche Technologien sind ausgereift?

Quelle: Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3905) geändert worden ist

Kohlenstoffsinken- / Negativ-Emissions-Technologien (NET)

- BECCS → Biomasseverbrennung + CCS
- Pflanzenkohle → Pyrolyse + BCR
- Entfernung von Biomasse
- Bioöl
- DAC
- Elektrochemische CO₂-Abscheidung im Meer
- Verstärkte Verwitterung Enhanced weathering
- Makroalgen
- Mikroalgen
- Mineralisierung



Inhalte des „Green Deal“



Energieerzeugung mittels NET

- Dekarbonisierung des Energiemarktes
 - BECCS: Verbrennung und CO₂-Abscheidung / CO₂-Verpressung
 - BCR: Pyrolyse und Kohle als Rohstoff / Pflanzenkohle
- Mehrere Fliegen mit einer Klappe schlagen:
 - Pyrolyse erzeugt Energie/Wärme und Kohlenstoff
 - Stabilisierter Kohlenstoff als Rohstoff nutzbar

Verbrennung oder Pyrolyse?

Brennstoffeffizienz vs. Pflanzenkohleproduktion

Was ist eine Verbrennung?

- Thermochemische Umwandlung
- Exotherme Reaktion mit Luftsauerstoff
- Pyrolytische Zersetzung der Makromoleküle → Brenngase
- Brenngase werden oxidiert, Luftsauerstoff reduziert
- Kohlenstoff wird oxidiert als CO₂ mineralisiert



Was ist Pyrolyse?

- Thermo-chemische Umwandlung aber: Keine vollständige Verbrennung
- Abwesenheit Sauerstoff, Oxidations- oder Reaktionsmittel
- Umwandlung der Kohlenstoffstruktur (temperaturabhängig)

- Pyrolyseprodukte:
 - Gasförmige Kohlenwasserstoffverbindungen (Brenngase)
 - Pyrolysekokse (**Pflanzenkohle**) und Pyrolyseöle (Holzessig u.a.)
 - Energie / Abwärme

Was ist Pyrolyse?

- Pyrolyse Klassifikation nach Temperatur:
 - Niedertemperaturpyrolyse (NTP) $T < 500^{\circ}\text{C}$
 - Mitteltemperaturpyrolyse (MTP) $T = 500^{\circ}\text{C} - 800^{\circ}\text{C}$
 - Hochtemperaturpyrolyse (HTP) $T > 800^{\circ}\text{C}$
- Brennbare Gase energetisch nutzbar:
 - Selbsterhaltung Pyrolyseprozess (autotherm) → Abwärmenutzung
 - Stromerzeugung → Organic-Rankine-Cycle (ORC), Heißdampf- oder Gasturbine

Strukturveränderung durch Temperatur

(NTP)

[Abbildung fehlt aufgrund fehlender Bildrechte]

(MTP)

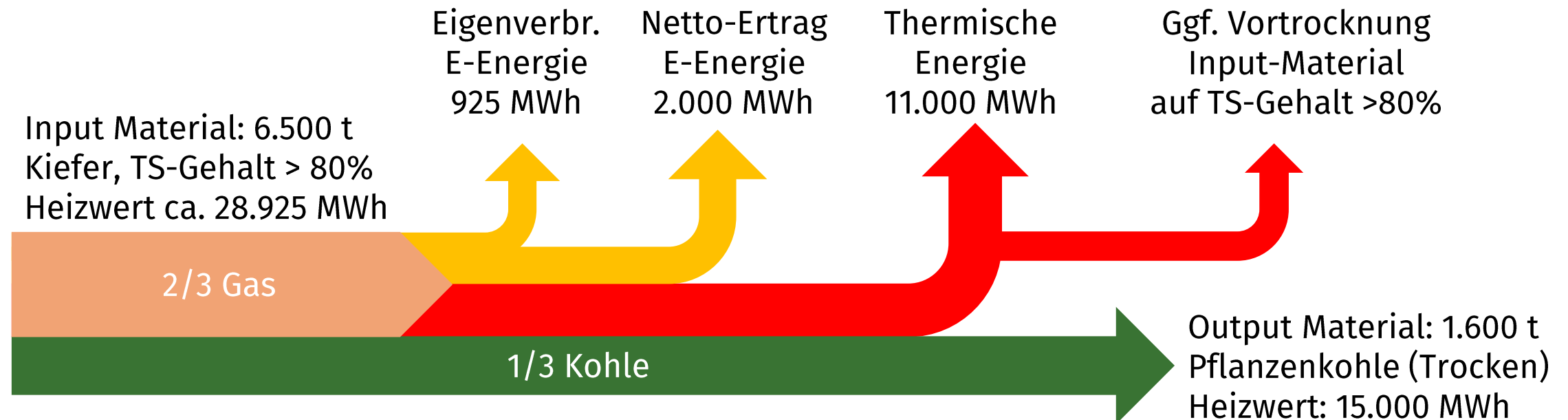
- A) Amorpher Kohlenstoff;
- B) Turbostratischer Kohlenstoff;
- B) Graphitkohle

(HTP)

Quelle: [2] Tomczyk et al.

Massen- und Energiebilanz Pyrolyse

- Abwärmenutzung: Trocknung, Heizung, elektrische Energie
- Gesamtwirkungsgrad erhöhen mittels Kaskadennutzung
- Pflanzenkohle mit Restheizwert (ungenutzt)



Pflanzenkohle

Grundlagen der ‚Biochar Carbon Removal‘ BCR-Technologie

Was ist ‚Pflanzenkohle‘?

- Scheinbar viele Synonyme wie z.B. Holzkohle, Biokohle usw.
- Grillkohle ist Holzkohle - aber keine C-Senke!
- Beschränkung der Definition aufgrund unterschiedlicher Eigenschaften (z.B. fehlende Klimawirksamkeit)
- Pflanzenkohle soll klimapositiv sein, daher sind Ausgangsmaterialien und Einsatzzwecke limitiert

Definition 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.“

Aus '**European Biochar Certificate** – Richtlinien für die Zertifizierung von Pflanzenkohle' herausgegeben von Ithaka Institute.

<http://www.european-biochar.org>

Version 10.3G vom 5. April 2023



European Biochar Certificate EBC

- Entwickelt von Ithaka Intitute gGmbH (www.ithaka-institut.org)
- Standardisierung Pflanzenkohleherstellung
- Positivliste Inputmaterial, Schadstoffgrenzwerte, C-Senkenfunktion
- Registrierung als Hersteller auf www.european-biochar.org

[Abbildung fehlt aufgrund fehlender Bildrechte]

Klar definierte pflanzliche Biomassen...

- Energiepflanzen, NAWARO
 - Schwach- und Kalamitätsholz, Heckenschnitt, Knick
 - Ernterückstände z.B. Stroh, Spelzen, Schalen
 - Altstroh, Getreidestaub, Gemüse und Saatgut
- Pflanzen binden CO₂ (hocheffizient und biodivers)



Konditionierung für Pyrolyse

- Leichte Materialien (Kaff, Getreidestaub) vorbehandeln
z.B. pelletieren



102 kg/m³



308 kg/m³



216 kg/m³

Massenertrag 32 % bezogen auf die Trockenmasse (Pflanzenkohle inkl. Asche)

... aber auch Abfälle nach KrWG...

- Urbanes Grüngut, Überkorn aus der Kompostierung
- Altpapier, Papierfaserschlamm
- Altholz (behandelt, unbehandelt)
- Abfälle aus der Nahrungs- und Genussmittelverarbeitung
- Rechen- und Schwemmgut aus der Gewässerbewirtschaftung

→ Für eine kreislauforientierte Wirtschaft



... weitere problematische Abfälle

- Organische Siedlungsabfälle
- Klärschlämme aus der Abwasserbehandlung
- Knochenreste und tierische Nebenprodukte
 - Entfernung von biologischen Gefahrstoffen
 - Entfernung von Mikroplastik, Medikamentenrückständen
 - Für eine schadstofffreie Umwelt



EBC-Positivliste

Positivliste zulä

European Biochar Certificate

Biomassen

Herkunft	Ausgangsmaterial
Forstwirtschaft und Holzverarbeitung: Naturbelassene Rinde und Holz, unbehandelt oder mechanisch behandelt, aus forstwirtschaftlichen Betrieben, Sägewerken oder ähnlichen Betrieben	Rinde
	Holzschäl- und Hackselgut, nur mechanisch behandeltes Holz (reines Feuerholz)
	Holz, Holzreste aus mechanischer Bearbeitung (Altholz A1)
	Sägemehl, Sägespäne, Holzwole aus nicht-chemisch behandeltem Holz
Landschaftspflege: Reststoffe, die in Gemeinden, beim Unterhalt von Grundstücken, im GaLa-Bau und bei Naturschutzvereinen anfallen	Laub
	Wurzelstöcke
	Schnittgut
	Landschaftspflegematerial allgemein

Biomassen

Herkunft	Ausgangsmaterial	ID	EBC-Feed	EBC-AgroOrganic	EBC-Agro	EBC-Urban
Forstwirtschaft und Holzverarbeitung: Naturbelassene Rinde und Holz, unbehandelt oder mechanisch behandelt, aus forstwirtschaftlichen Betrieben, Sägewerken oder ähnlichen Betrieben	Rinde	F-01	✓	✓	✓	✓
	Holzschäl- und Hackselgut, nur mechanisch behandeltes Holz (reines Feuerholz)	F-02	✓	✓	✓	✓
	Holz, Holzreste aus mechanischer Bearbeitung (Altholz A1)	F-03	✓	✓	✓	✓
	Sägemehl, Sägespäne, Holzwole aus nicht-chemisch behandeltem Holz	F-04	✓	✓	✓	✓
Landschaftspflege: Reststoffe, die in Gemeinden, beim Unterhalt von Grundstücken, im GaLa-Bau und bei Naturschutzvereinen anfallen	Laub	S-01		✓	✓	✓
	Wurzelstöcke	S-03		✓	✓	✓
	Schnittgut aus Naturschutzpflege	S-04	(✓)	✓	✓	✓
	Landschaftspflegematerial allgemein	S-05	(✓)	✓	✓	✓

EBC-Zertifizierungsclassen für PK

- EBC-Futter

- EBC-AgroBio

Relevant für Anwendung in LDW-Böden

- EBC-Agro

Relevant für Anwendung in urbanen Böden

- EBC-Urban

- EBC-Gebrauchsmaterial

- EBC-Rohstoff

- Registrierung über Carbon Standards
(www.carbon-standards.com)

Typische C-Erträge für Pyrolyse

- C-Erträge in % nach [1] Tomczyk et al.

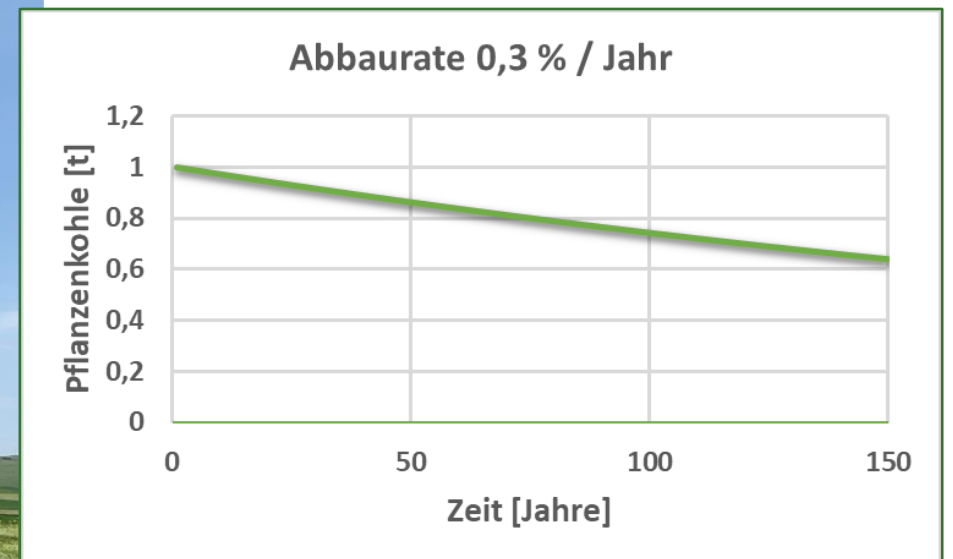
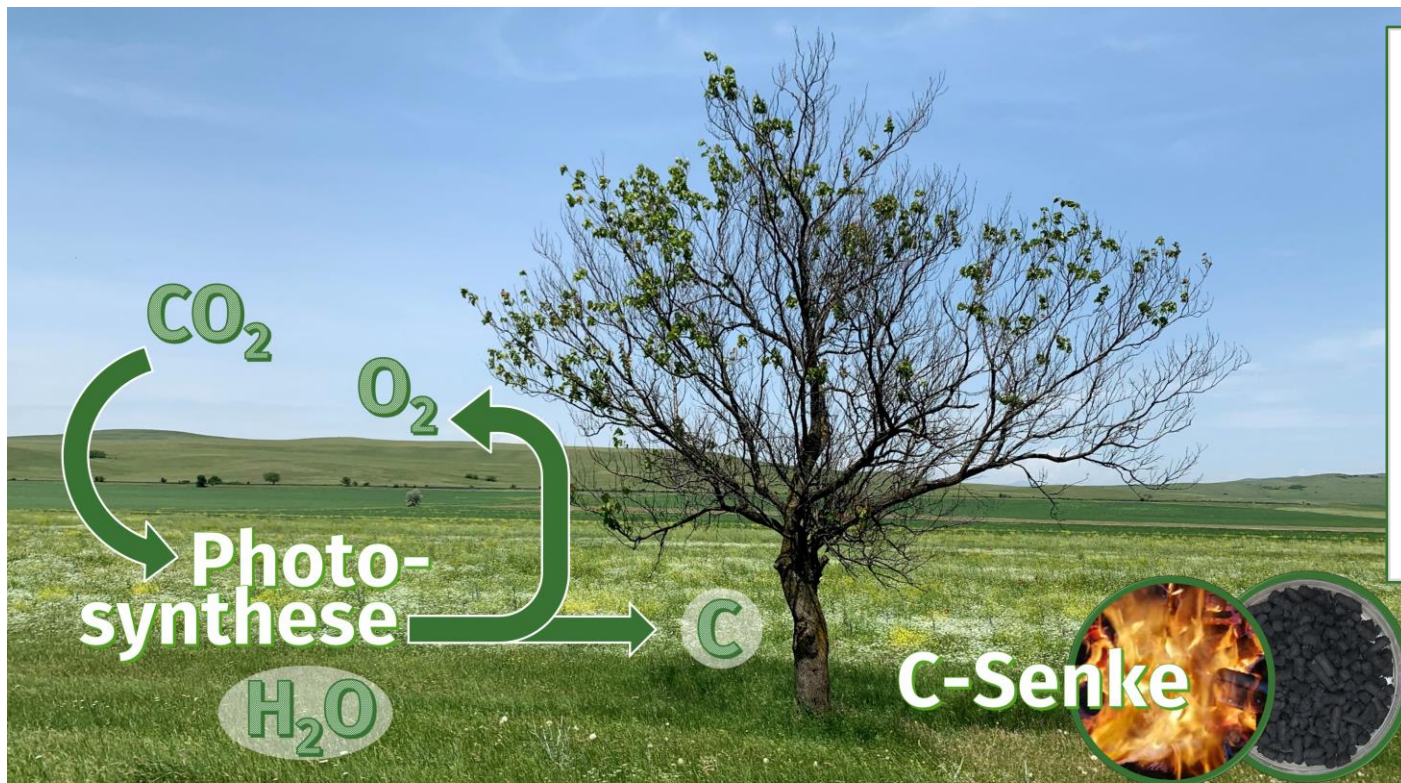
Ligninhaltige Materialien	350°C	450-500°C	650-750°C
Hartholz		53,4	
Sägemehl Eucalyptus	70,4	78,6	90,9
Hackschnitzel Kiefer (HS)		88,9	
Rinde Kiefer	67,6	75,2	86,3
Buchweizenschale	70,1	76,5	83,9

Dung / Einstreu	350°C	450-500°C	650-750°C
Milchviehmist	55,8		56,7
Geflügeleinstreu	51,2		45,9
Hühnerkot	31,2	27,2	24,7

**Hohe Ausbeute bei
holzigen Biomassen
und MTP 500-800°C**

Kohlenstoffsенке

- Entzug von Kohlenstoff (CO₂) aus der Atmosphäre
- Transformation des Kohlenstoffs in eine stabil lagerbare Form
- Sichere, langfristige Lagerung z. B. im Boden oder in Materialien



Ersatz für fossilen Kohlenstoff

- Hochofenkoks in Stahlwerken, grüne Stahlproduktion
- Fossile Kohle in Traditionsbahnen

Zum Vergleich Tagebau Garzweiler*:

- Fördermenge im Jahr: 25 Mio. t
- Fördermenge täglich: 68.500 t

Produktionskapazität Pflanzenkohle**:

- Im Jahr 2022: 53.000 t
 - Im Jahr 2023: > 90.000 t
 - Im Jahr 2030: ~ 4 Mio. t ???
- Bei mittlerem Jahreswachstum von ca. 70%

→ Vollkompensation fossiler Kohle nicht realistisch



*) Datenquelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Tagebau_Garzweiler

***) Datenquelle: EBI-Marktbericht 2022/2023. <https://www.biochar-industry.com/>

Pyrolysetechnik

Pyrolysetechnologien sind Serienreif und können schadstoffarme zertifizierungsfähige Karbonisate herstellen

Handwerkliche Pyrolysetechnik

- Pyrolysekocher und Kon-Tiki aus Stahl
 - PRODANA GmbH (www.prodana.de)
 - Markus Koller (www.koller-mechanik.ch)
 - Kaskad-E GmbH (www.kaskad-e.ch)



[Abbildung fehlt aufgrund fehlender Bildrechte]



CIRCULAR CARBON

Circular Carbon GmbH | Europaring 4 | 94315 Straubing
Große Anlagen in direkter Kopplung mit Industrieanlagen

[Abbildung fehlt aufgrund fehlender Bildrechte]

Circular Carbon Anlage bei Barry Callebaut

Standort: Hamburg
Einsiedeldeich

Input: Kakaoschale
Output: Heißdampf

NET ZERO TECHNOLOGY

PYREG GmbH | Trinkbornstr. 15-17 | 56281 Dörth
Mittlere und große Anlagen, autotherm mit Schneckenreaktor



System Biomasse / Hackschnitzel (HS)

Typ	HS _{in}	C _{out}	Q _N
PX 500	1.100 t	300 t	200 kW _{th}
PX 1500	3.300 t	900 t	600 kW _{th}
PX 6000	11.000 t	2.800 t	2.400 kW _{th}

System Klärschlamm (KS)

Typ	KS _{in}	C _{out}	Q _N
PX 500	1.300 t	800 t	200 kW _{th}
PX 1500	3.900 t	2.400 t	600 kW _{th}

In-/Output basieren auf 8.000 Betriebsstunden

Herstellerangaben ohne Gewähr

Carbon Technik Schuster GmbH | Fleinheimer Str. 1 | 89561 Dischingen
Mittlere und große Anlagen, Festbettreaktor, elektrisch geführt



Typ	HS _{in}	C _{out}	Q _N	P _N
CT 40	5.300 t	1.600 t	2.400 kW _{th}	390 kW _{el}

In-/Output basieren auf 7.500 Betriebsstunden

Energetische Nutzung:

- Thermische Verwertung Synthesegase e-flox
- Heißgasturbinen (3 Stck.)
- ORC zur optimalen Verwertung Restwärme
- Abwärme der ORC zur Holzvortrocknung

ORC = Organic-Rankine-Cycle

Herstellerangaben ohne Gewähr

SynCraft Engineering GmbH | Münchner Straße 22 | A-6130 Schwaz
Große Anlagen, Pyrolyse-Vergaser, Schwebebettreaktor, Gasmotor

Typ	WC _{in}	C _{out}	Q _{N,90°C}	Q _{N,50°C}	P _N
CW700	1.210 t	625 m ³	328 kW _{th}	123 kW _{th}	220 kW _{el}
CW1200	2.145 t	1.093 m ³	572 kW _{th}	227 kW _{th}	400 kW _{el}
CW1800	2.715 t	1.406 m ³	740 kW _{th}	250 kW _{th}	500 kW _{el}

In-/Output basieren auf 7.500 Betriebsstunden
Brennstoff Holzhackgut; G50, W50, mit Feinanteil und Rinde

Energetische Nutzung:

- Gasmotor z.B. Jenbacher
- Maximale Stromausbeute
- Abwärme (50°C) zur Holzvortrocknung auf 90% TS

[Abbildung fehlt aufgrund fehlender Bildrechte]

Biomaccon GmbH | Schmiedestr. 2 | 31547 Rehburg
Kompaktkonverter als Heiz- oder Industrie-Wärmeanlage



Typ	WC _{in}	C _{out}	QN
C 160	760 t	146 t	160 kW _{th}
C 200	950 t	181 t	200 kW _{th}
C 400	1.900 t	364 t	400 kW _{th}
C 500	2.360 t	453 t	500 kW _{th}

In-/Output basieren auf 8.000 Betriebsstunden

Herstellerangaben ohne Gewähr

Was bestimmt Pflanzenkohlequalität?

- Ausgangsmaterial bestimmt Grundcharakteristik:
Porengröße, Asche- und Elementgehalt
- Pyrolysetemperatur, -geschwindigkeit bestimmt Eigenschaften:
Asche- zu Kohlenstoffverhältnis, flüssige Pyrolyseprodukte,
pH-Wert, spezifische Oberfläche, Adsorptionsfähigkeit, KAK,
flüchtige Verbindungen und PAK-Gehalt
- Anwendungsziel bestimmt die C-Senkenqualität:
Landwirtschaft → Nährstoffspeicher, Humusaufbau, C-Senke
Bauindustrie → Strukturverbesserung Beton, C-Senke
Stahlindustrie → Ersatz für Koks aus fossilen Quellen, ESG-Ziele

Bodenschutz- und Düngemittelrecht

Sicherung und Wiederherstellung der Funktionen des Bodens,
Verbesserung der Wachstumsbedingungen

Bundes-Bodenschutzgesetz

§ 7 Vorsorgepflicht:

- [...] Grundstückseigentümer [...] sind verpflichtet, Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen zu treffen, die durch ihre Nutzung auf dem Grundstück oder in dessen Einwirkungsbereich hervorgerufen werden können. [...] Zur Erfüllung der Vorsorgepflicht sind Bodeneinwirkungen zu vermeiden oder zu vermindern, soweit dies auch im Hinblick auf den Zweck der Nutzung des Grundstücks verhältnismäßig ist. [...]

→ **Dürfen wir Pyrolysekohle überhaupt einsetzen?**

Quelle: Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 25. Februar 2021 (BGBl. I S. 306) geändert worden ist

Bundes-Bodenschutzverordnung

§ 6 Allgemeine Anforderungen an das Auf- oder Einbringen von Materialien auf oder in den Boden (hier Abs. 2):

- Das Auf- und Einbringen von Materialien oder die Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht ist nur zulässig, wenn
- 1. nach Art, Menge, Schadstoffgehalten, Schadstoffkonzentrationen und physikalischen Eigenschaften der Materialien [...] das Entstehen einer schädlichen Bodenveränderung [...] nicht zu besorgen ist und
- 2. mindestens eine [...] Bodenfunktion [...] nachhaltig verbessert, gesichert oder wiederhergestellt wird

→ **Wir dürfen unter Einhaltung bestimmter Bedingungen**

Quelle: Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 9. Juli 2021 (BGBl. I S. 2598, 2716)

PK in Düngemitteln / Bodenhilfsstoffen

- Düngemittelverordnung erlaubt:
 - „Holzkohle mit einem Kohlenstoffgehalt von mindestens 80 % C in der TM aus chemisch unbehandeltem Holz“
- Verordnung (EU) 2019/1009 erlaubt seit 16. Juli 2022 durch Delegierte Verordnung:
 - CMC 14: Durch Pyrolyse oder Vergasung gewonnene Materialien
 - Ein EU-Düngeprodukt darf durch Pyrolyse oder Vergasung gewonnene Materialien enthalten, die [...] ausschließlich aus einem oder mehreren der folgenden Eingangsmaterialien gewonnen wurden [...]

Quellen:

(1) Düngemittelverordnung vom 5. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2482), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 2. Oktober 2019 (BGBl. I S. 1414) geändert worden ist.

(2) DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) .../... DER KOMMISSION vom 7.7.2021 zur Änderung der Anhänge II, III und IV der Verordnung (EU) 2019/1009 des Europäischen Parlaments und des Rates zwecks Aufnahme von durch Pyrolyse oder Vergasung gewonnenen Materialien als Komponentenmaterialkategorie in EU-Düngeprodukten

Anwendungsfelder

Für Urbane Siedlungsräume

Co-Kompostierung

- Während des Aufsetzens oder 1. Umsetzens dem Kompost PK beigeben
- Pflanzenkohleanteil kann variieren nach Verwendung:
 - Terra-Preta / Schwarzerden aus Kohlekomposten mit 15-20 % vol. PK
- Wasser- und Nährstoffspeicher, Habitat für die Mikrobiologie
- Senkt Methan und Lachgas-Emissionen der Kompostierung



Stadtbaumpflanzungen Winfriedstraße

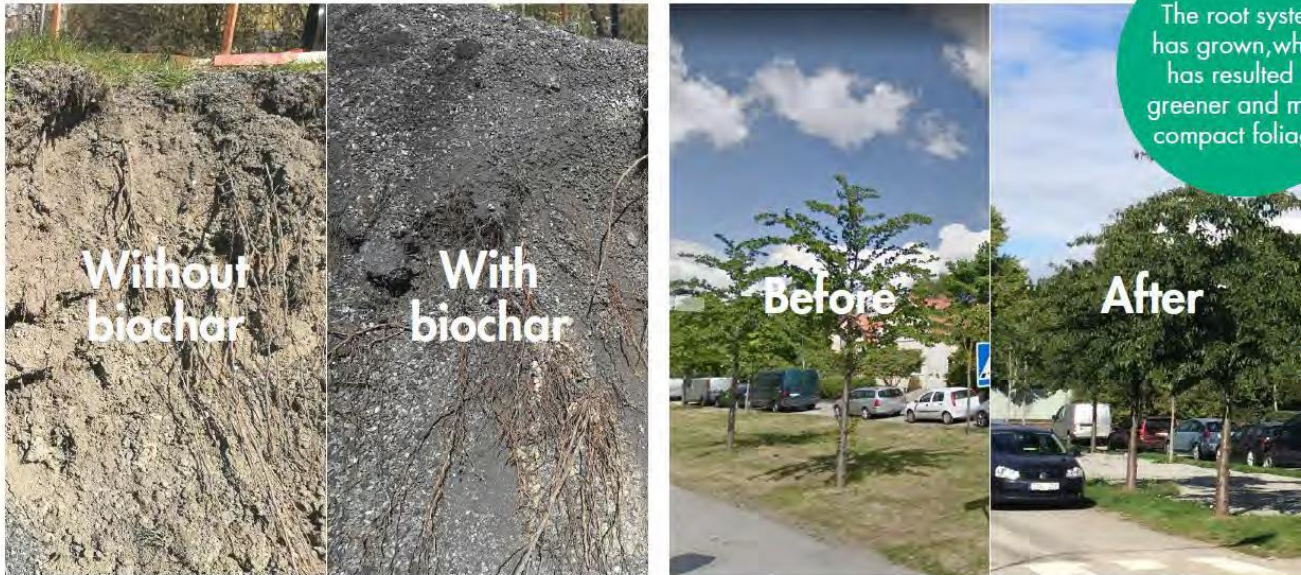
- Pflanzsubstrate im Test mit 0 - 30 -70 % vol. PK-Anteil
- Gleiche Baumart, vergleichbare Standortbedingungen u. Pflanzzeitpunkt



Stadtbaumpflanzungen Winfriedstraße

- Pflanzsubstrate im Test mit 0 - 30 -70 % vol. PK-Anteil
- Gleiche Baumart, vergleichbare Standortbedingungen u. Pflanzzeitpunkt

After one year with biochar



Quelle: <https://www.hamk.fi/wp-content/uploads/2019/04/Mattias-Gustafsson-pieni.pdf>

Stockholmer Modell

[Abbildung fehlt aufgrund fehlender Bildrechte]

Quelle: <https://www.hamk.fi/wp-content/uploads/2019/04/Mattias-Gustafsson-pieni.pdf>

Chancen & Risiken

Wertschöpfungspotentiale für die Land- und Forstwirtschaft

Nützliche Eigenschaften / Erkenntnisse

- Pflanzenkohle ist im Boden langzeitstabil
- Stellt eine ökologisch verträgliche Kohlenstoffsенке dar
- Porensystem bietet einen sicheren Lebensraum für Bodenmikroorganismen (z. B. Mykorrhizapilze, Aktinomyzeten, Bakterien)
- Physikochemische Eigenschaften (pH-Wert, spezifische Oberfläche, Porengröße, KAK, flüchtige Stoffe, Asche und Kohlenstoffgehalt) ändern sich mit der Pyrolyse Temperatur und der Art des Ausgangsmaterials.
- Pflanzenkohle birgt das Potenzial für einen Beitrag zur Lösung von wirtschaftlichen, gesundheitlichen und ökologischen Problemen, die weit verbreitet sind.

Was nützt Pflanzenkohle-Pyrolyse?

- Negativ-CO₂-Emissions-Technologie
- Ökologisch verträglicher & wertvoller Bodenhilfsstoff
 - Ausgleich fehlender Kohlenstoffeinträge → Abbrandverbot in der LDW
 - Bodenumusaufbau → Verzinsungseffekte nachweisbar
 - Lebensraum für Bodenmikroorganismen: Pilze, Bakterien
 - Wasser- und Nährstoffspeicher, Austauschflächen
- Langzeitstabile Kohlenstoffsенке (zum Teil > 1.000 Jahre)
- CO₂-neutraler Rohstoff

Risiken der Pflanzenkohle-Pyrolyse

- Geringere Energieausbeute (Brennstoffeffizienz): Pflanzenkohleprodukt
- Vermarktungsrisiken: Rohstoffspezifische Absatzrisiken
- Betriebs- und Handhabungsrisiken: Feuer oder Explosion
- Qualitätsrisiken:
 - Organische Schadstoffe (Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe PAK) bei unvollständig pyrolysierten Materialien/Rückkondensation → Schadstoffgrenzwerte z.B. BBodSchV
 - Erhöhung Schwermetallgehalte durch Massereduktion bei belasteten Materialien (Anreicherungsfaktor → Ebenfalls Grenzwertüberschreitung)

Risikominimierung

- Prozesstechnische Pyrolyseanlagen → Abwärmenutzung
- Sorgfältige Überwachung der Pyrolysebedingungen
- Analyse auf Schwermetalle und PAK-Schadstoffe
- Ggf. Zertifizierung Pflanzenkohlen, Produktionssysteme
z.B. EBC-European Biochar Standard

[Abbildung fehlt aufgrund fehlender Bildrechte]

Zusammenfassung und Fazit

- Pflanzenkohle für Böden und Klima eine Chance?
 - Qualitätsgesicherte Pflanzenkohlen sind verfügbar
 - Nutzen für das Bodensystem ist wissenschaftlich nachgewiesen
 - Risiken sind beherrschbar und können durch Zertifizierung gesenkt werden
- In der Umsetzung begriffene fortschrittliche CO₂-Senkentechnologie



AnyChar[®] 
Eco Climate Solutions

AnyChar[®] Consulting

Christian Ahrens
Goerzallee 299
14167 Berlin

+ 49 176 647 03 597
contact@anychar.de

Quellennachweis

- [1] MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN EUROPÄISCHEN RAT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN *Der europäische Grüne Deal*. 2019. Zugegriffen: 23. August 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?qid=1596443911913&uri=CELEX%3A52019DC0640#document2>
- [2] Tomczyk et al. (2020): Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects. *Rev Environ Sci Biotechnol* (2020) 19:191–215. <https://doi.org/10.1007/s11157-020-09523-3>