



Pflanzenkohle- Stand der Forschung

Bruno Glaser

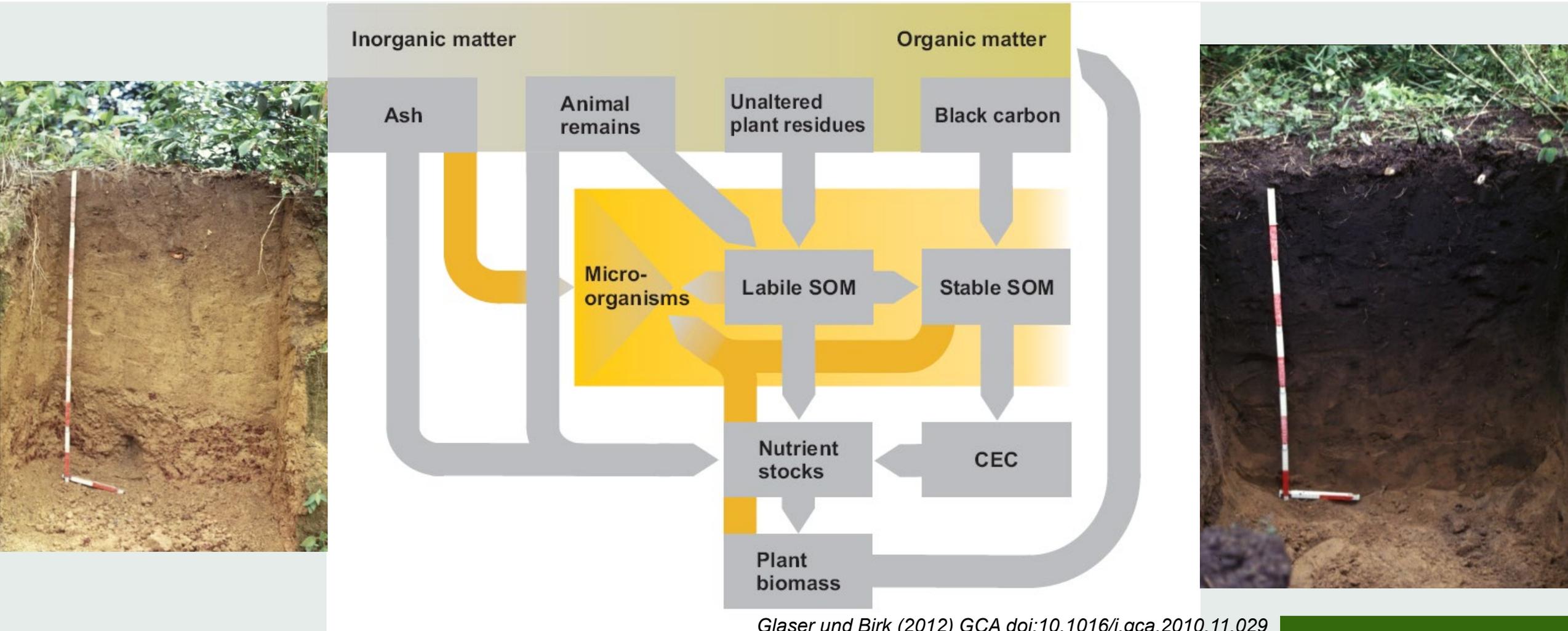
Inhalt:

- Pflanzenkohle als Schlüssel der Terra Preta-Entstehung
- Eigenschaften
- Fake News
- Meta-Analyse
- C-Sequestrierung
- Praxis-Beispiele
- Take home

https://www.youtube.com/watch?v=ex2sFye9t_0&t=248s (deutsch)

<https://www.youtube.com/watch?v=zf5rbSJ3lHo&t=12s> (englisch)

Pflanzenkohle als Schlüssel der Terra Preta-Entstehung



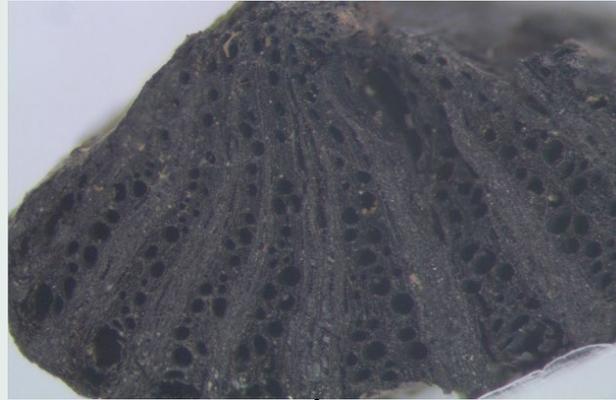
Glaser und Birk (2012) GCA doi:10.1016/j.gca.2010.11.029



Holzkohle ≠ Pflanzenkohle ≠ Black Carbon ≠ Pyrogener Kohlenstoff

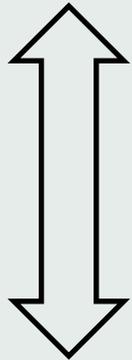
Holzkohle

⇒ Energie-Produktion



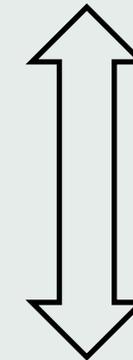
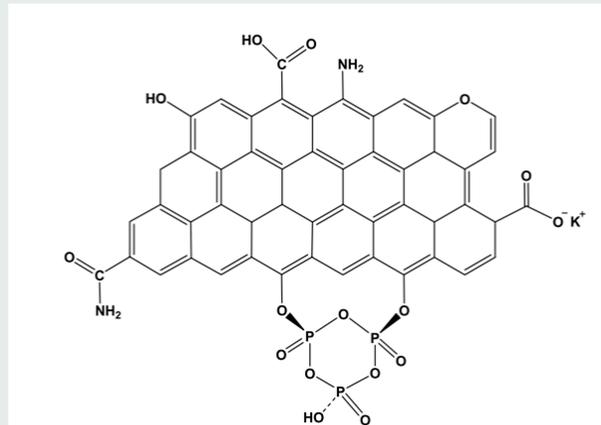
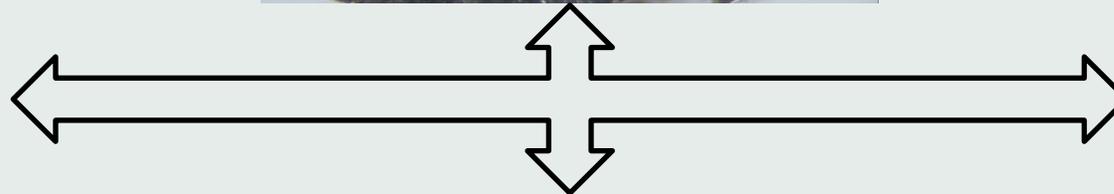
Pflanzenkohle

⇒ Produktion und Einsatz zur Bodenverbesserung und anderer nichtenergetischer Nutzungen



Black carbon

⇒ Polykondensierter aromatischer Kohlenstoff



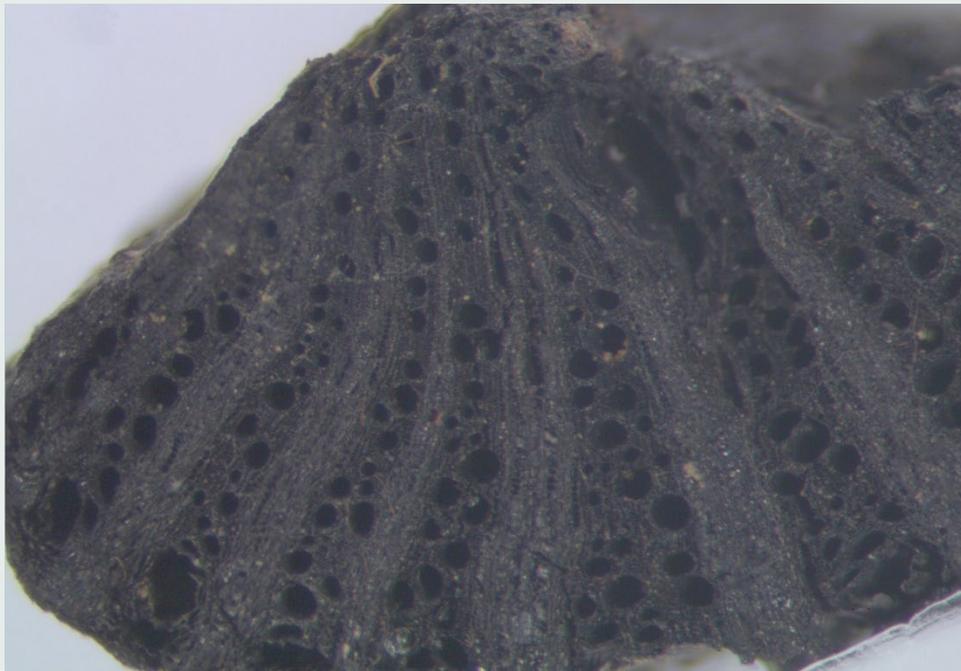
Pyrogener Kohlenstoff

⇒ Feuer-Herkunft

Theoretische Eigenschaften von Pflanzenkohle

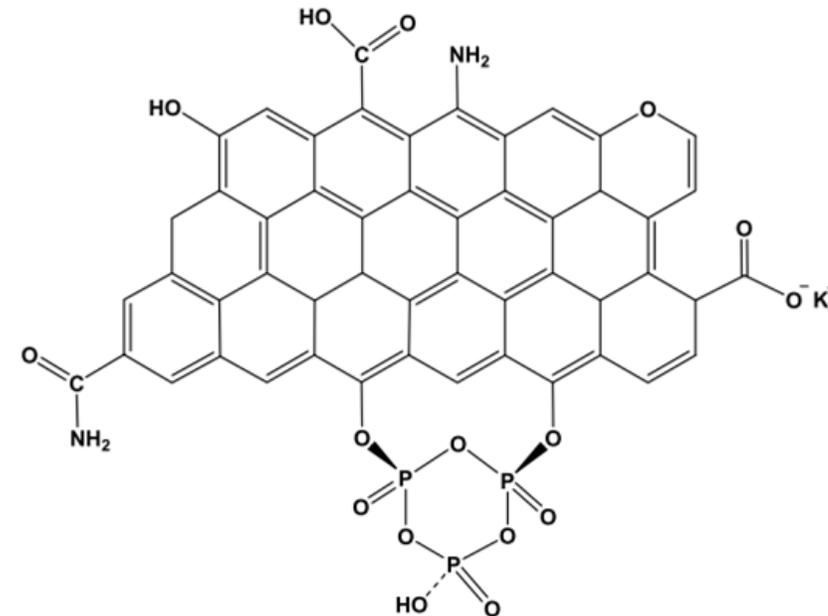
Struktur

- ⇒ Porosität
- ⇒ Kondensierte Aromaten
- ⇒ Funktionelle Gruppen
- ⇒ Labiler organischer Kohlenstoff
- ⇒ Asche



Ökosystem Funktion

- ⇒ Wasser-Speicherung
- ⇒ C-Speicherung
- ⇒ Nährstoff-Speicherung
- ⇒ Nahrung für Mikroorganismen
- ⇒ Nährstoffe (Dünger)



Bruno Glaser

Pflanzenkohle – Stand der Forschung

Fake News

“Bislang ist allerdings kein signifikanter Effekt in landwirtschaftlichem Maßstab erkennbar...”

“Auch die bislang noch nicht wissenschaftlich belegten bodenökologischen Effekte zeigen auf, in welche Richtung geforscht werden sollte. Aber zum jetzigen Zeitpunkt ist eine breite Anwendung nicht empfehlenswert.”

“Die möglichen positiven Effekte als Kohlenstoffsенке können die genannten Risiken nicht kompensieren”

“Es ist zu befürchten, dass die Verminderung von Treibhausgasen als Argument genommen wird, um in großem Maßstab sowohl zu pyrolysierende Biomasse extra anzubauen und dann womöglich ohne bodenökologisch positive Wirkung rein aus Klimaschutzgründen in den Boden einzubringen”



BUND (2015)

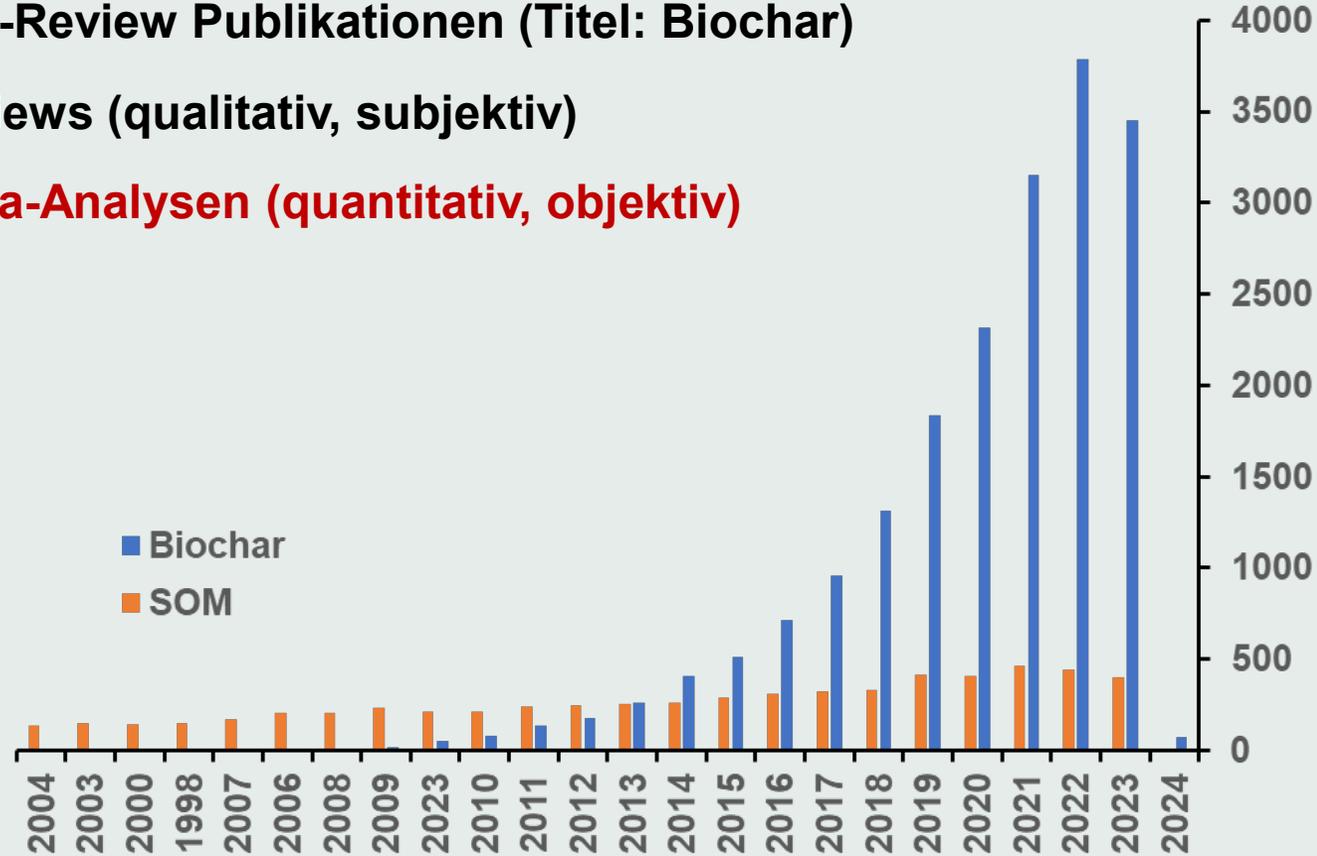


Fakten !!! = Wissenschaftliche Evidenz (ISI Web of Science Core database)

19.121 Peer-Review Publikationen (Titel: Biochar)

1.052 Reviews (qualitativ, subjektiv)

118 Meta-Analysen (quantitativ, objektiv)



Daten vom ISI Web of Science 15.01.2024



Meta-Analyse

Quantitatives Verfahren zur **systematischen**
Kombinierung von Ergebnissen **bereits publizierter**
Studien um neue **Schlussfolgerungen** abzuleiten

Quantitativ : Zahlen

Systematisch: Adequate Methoden

Kombinierung: Integrierende Auswertung vorhandener
Ergebnisse (Zahlen)

Publizierte Studien: Entsprechende Studien wurden bereits
durchgeführt

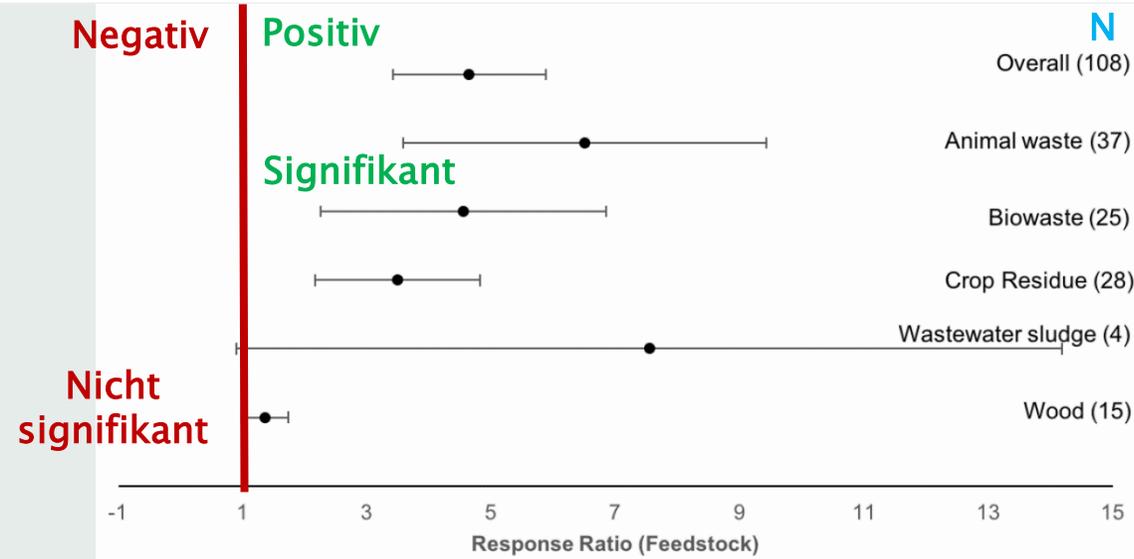
Schlussfolgerungen: Neue Erkenntnisse auf breiter Datenbasis



Meta-Analyse: Methodischer Ansatz

$$RR = \frac{\text{with BC}}{\text{without BC}}$$

$$CI = RR \pm 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$



- Response ratio (RR): Gesamteffekt über alle Studien
- Einfluss verschiedener Variablen
- Gewichtung möglich
=> z.B. sollten Feldstudien eine höhere Gewichtung als Laborstudien erhalten

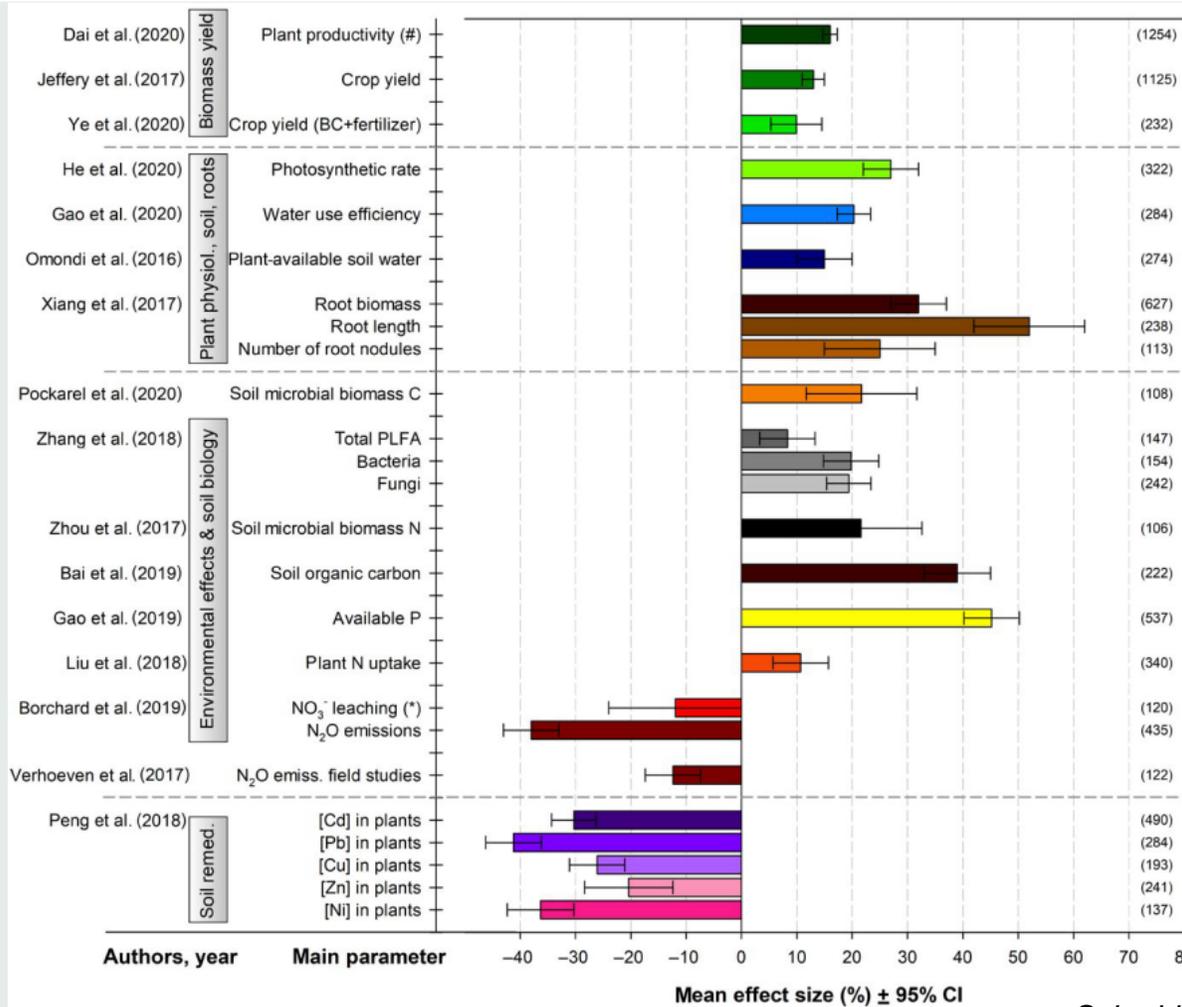
Glaser and Lehr (2019) Scientific Reports 9: 9338

Bruno Glaser

Pflanzenkohle – Stand der Forschung



Meta-Analyse von Meta-Analysen...

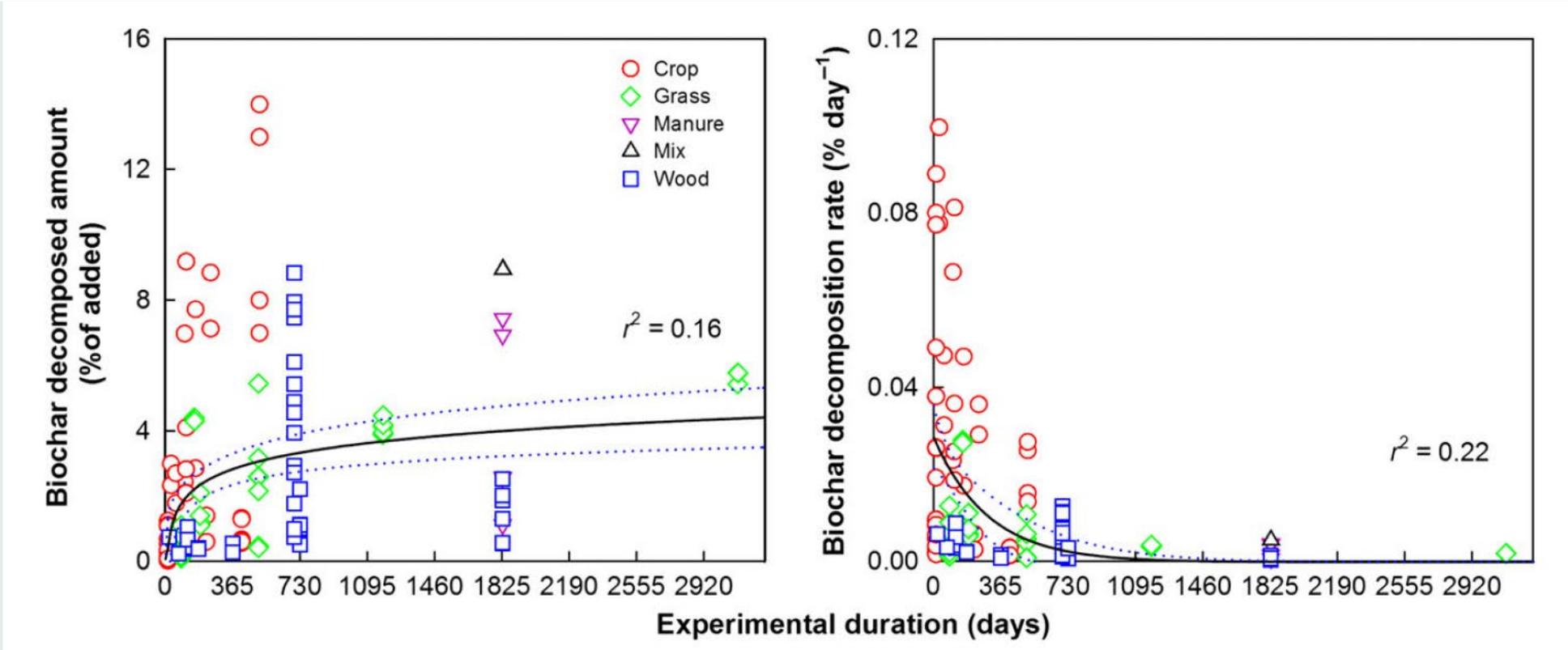


⇒ *Eindeutige und eindrucksvolle statistisch signifikante positive Ökosystem-Effekte*

Schmidt et al. (2021) GCB Bioenergy 13: 1708-1730



Pflanzkohle–Stabilität



Pflanzkohle–Abbau sinkt mit zunehmender Dauer

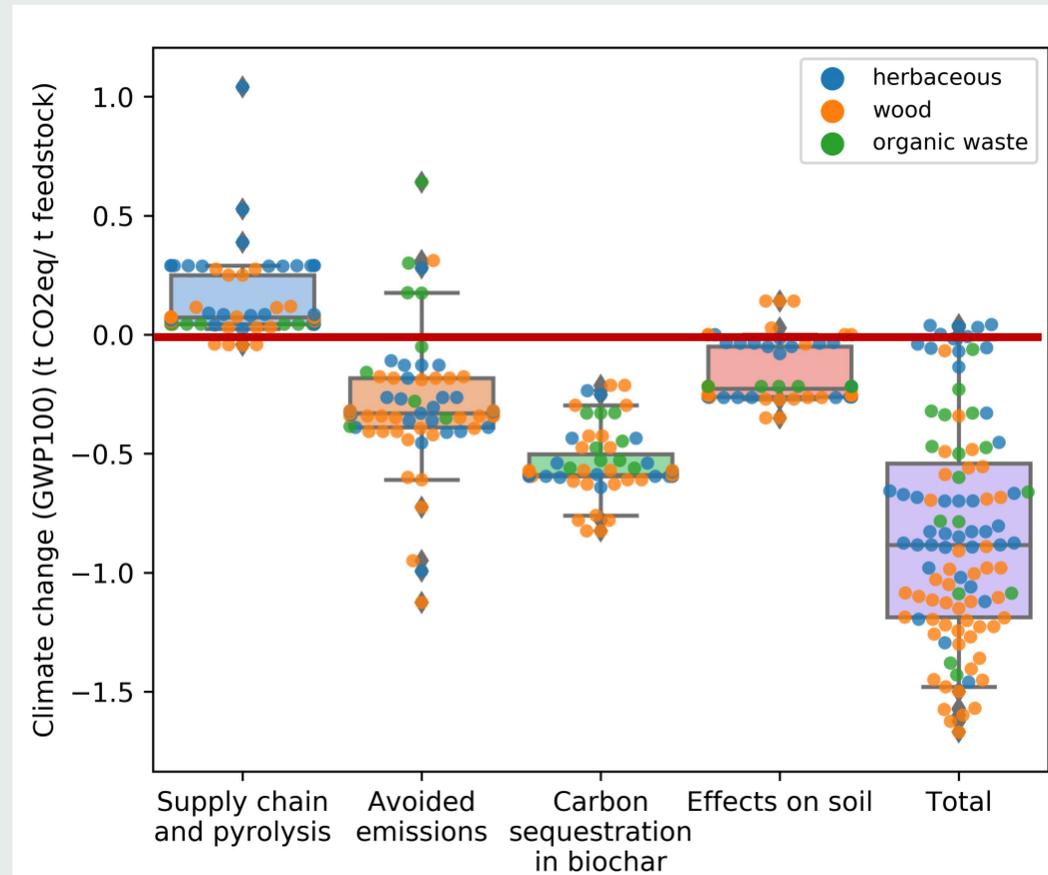
Wang (2016) *GCB Bioenergy* 8:512–523

Bruno Glaser

Pflanzkohle – Stand der Forschung



Potential der C-Sequestrierung von Pflanzenkohle

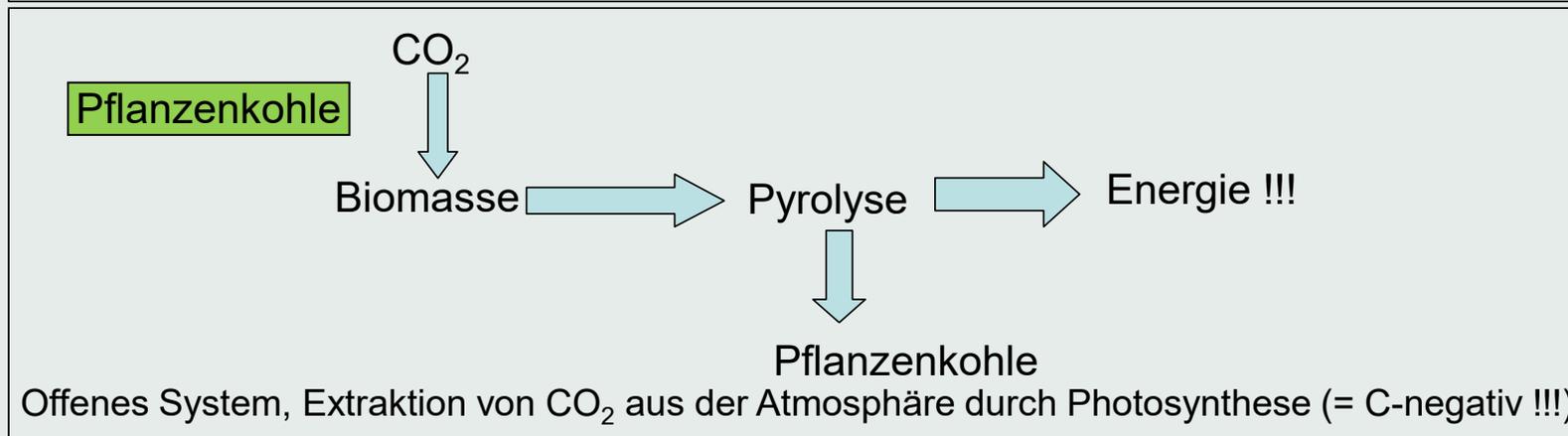
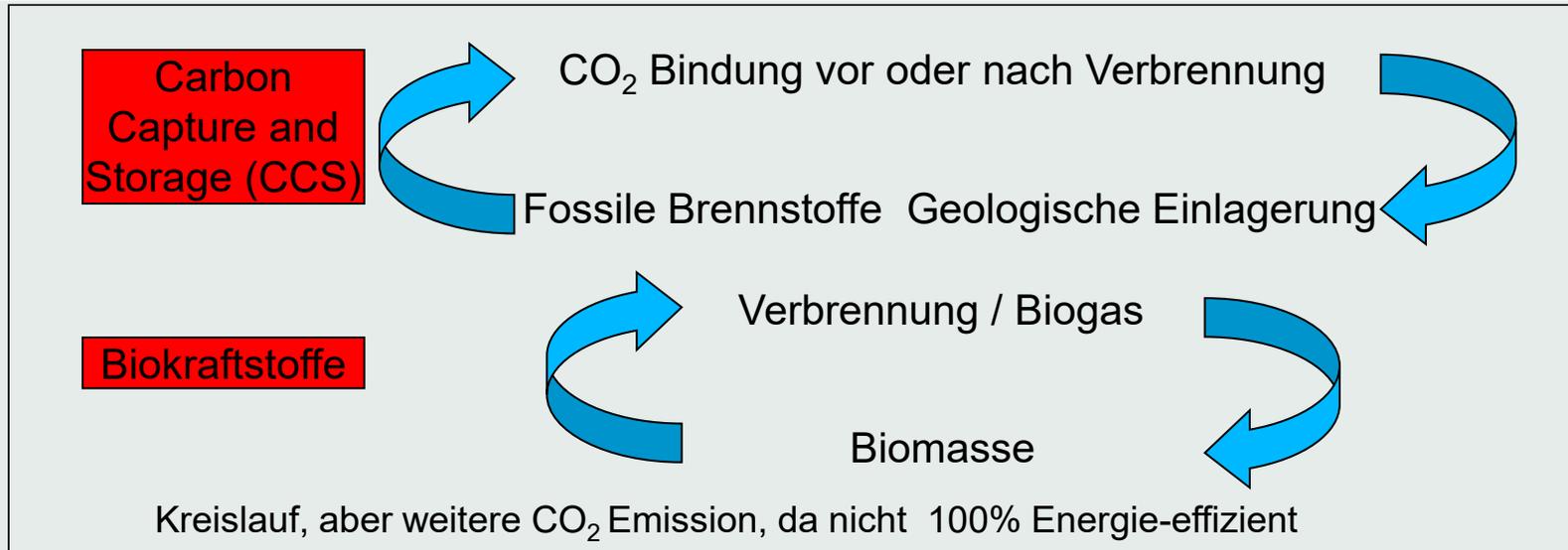


⇒ *Pflanzenkohle ist C-negativ und ready to use....*

Tisserant et al. (2019) Land 8:179



Pflanzenkohle als Negative Emissions-Technologie



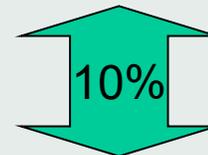
Glaser, B., Parr, M., Braun, C., and Kopolo, G. (2009). Biochar is carbon negative. Nature Geoscience 2, 2-2



Potential von Pflanzenkohle für C-Sequestrierung (EU)

Ernte-Rückstände:	300 Mio Tonnen
Forstwirtschaft-Rückstände:	100 Mio Tonnen
Landschaftspflege-Rückstände	40 Mio Tonnen
Grüne/Braune Tonne:	35 Mio Tonnen
Gewächshaus-Rückstände:	20 Mio Tonnen
Summe:	495 Mio Tonnen
Pflanzenkohle (80% C-Gehalt)	140 Mio Tonnen

30% Pflanzenkohle-Ausbeute

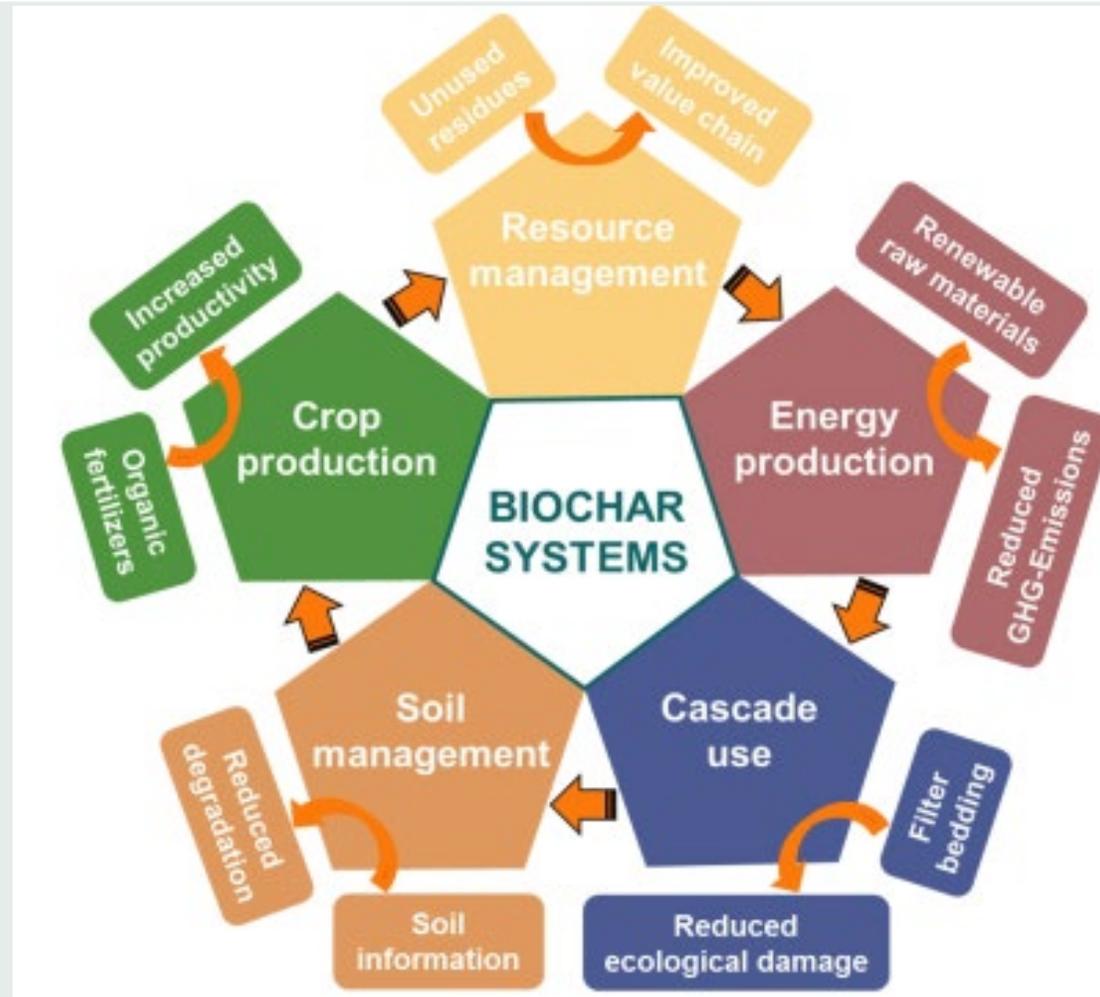


EU CO₂-C Emissionen = ca. 1200 Mio Tonnen

Glaser, B. (2011). Biochar use: a productive alternative to carbon storage. In "COP 17 United Nations Climate Change Conference", Vol. Produced for: COP 17, United Nations Climate Change Conference, Durban, pp. 137-139. Green Media in partnership with the United Nations Environment Programme (UNEP), Durban, South Africa.



Kaskaden-Nutzung von Pflanzenkohle



Seitz et al. (2017) Potential Analysis of Biochar Systems for Improved Soil and Nutrient Management in Ethiopia



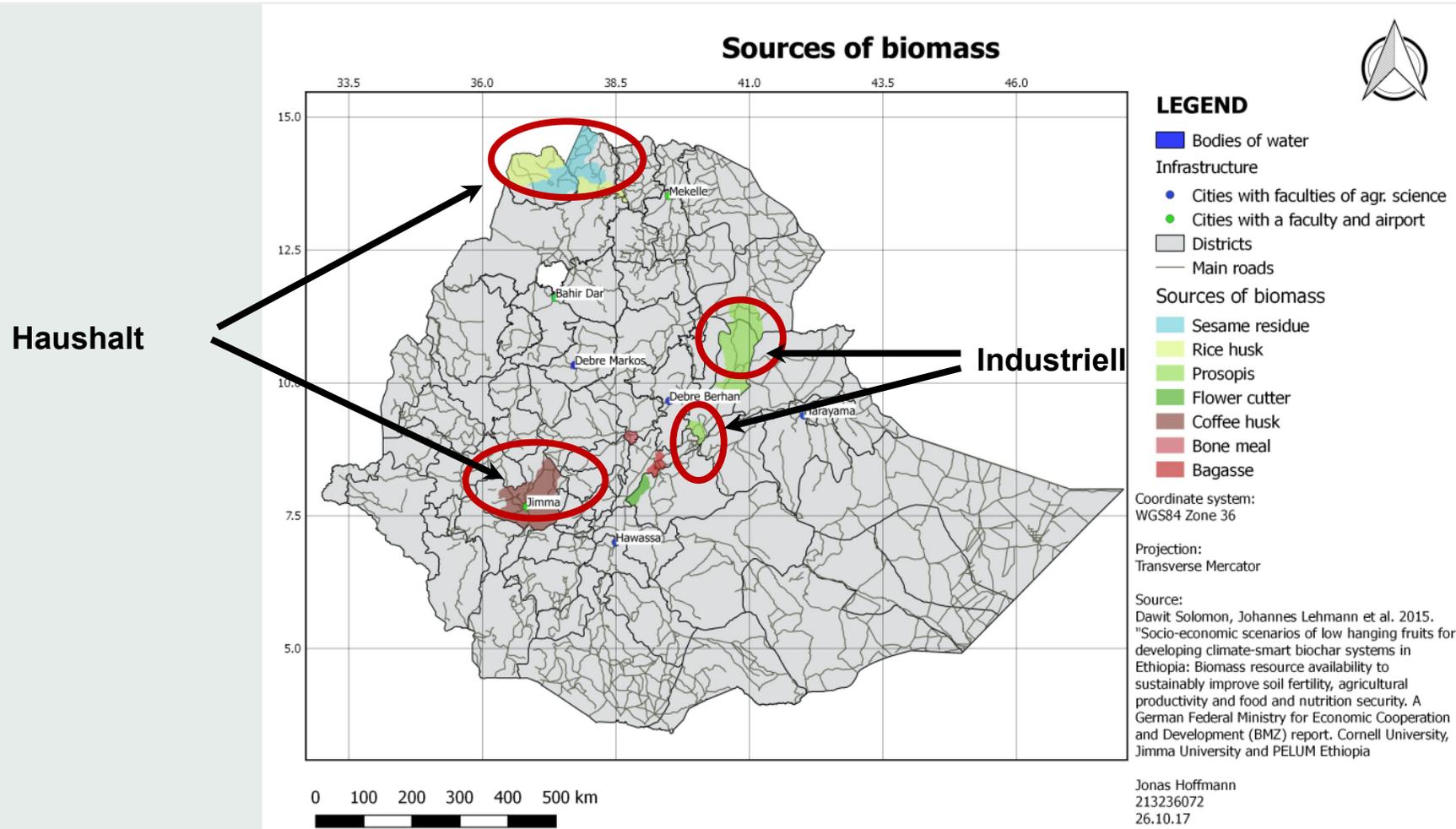
Anforderungen an das Ausgangsmaterial (Feedstock)

- Nicht-kompetitiv
 - Nährstoff-arm
 - Lignin-reich (holzig)
 - Leicht zu gewinnen
 - Arm an Schwermetallen und Chlorid
- ⇒ *Invasive Arten*
 - ⇒ *Sägespäne*
 - ⇒ *Rückstände der Nahrungsmittelproduktion*
 - ⇒ *Rückstände aus Gärtnereien*
 - ⇒ *Tierknochen*



Seitz et al. (2017) Potential Analysis of Biochar Systems for Improved Soil and Nutrient Management in Ethiopia

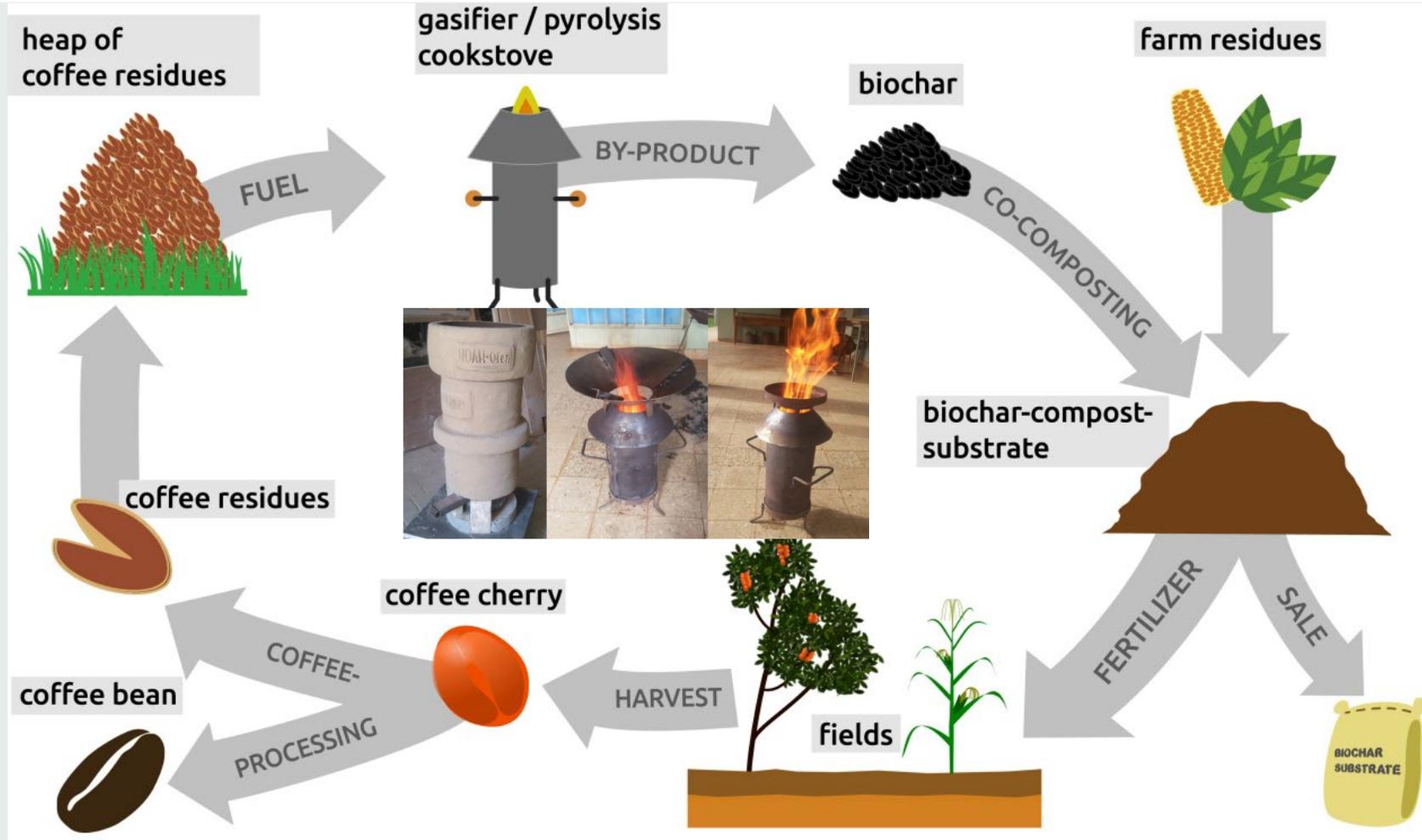
Verfügbarkeit von Biomasse



Hoffmann Jonas (2017) Bachelor Thesis Martin Luther University Halle-Wittenberg (unpublished)



Haushalt (Kaffees- oder Sesam-Schalen)



Seitz et al. (2017) Potential Analysis of Biochar Systems for Improved Soil and Nutrient Management in Ethiopia

Industrieller Maßstab (Rückstände der Rosenproduktion)



Bilder: Bruno Glaser



Kompostierung von Pflanzenkohle = Terra Preta-Substrat

- Pyrolyse nicht-kompostierbarer Rosenstöcke
- Kompostierung mit weiteren Rückständen der Rosenproduktion
- Ergebnis: Terra Preta-Substrat für Rosenproduktion oder zum Verkauf

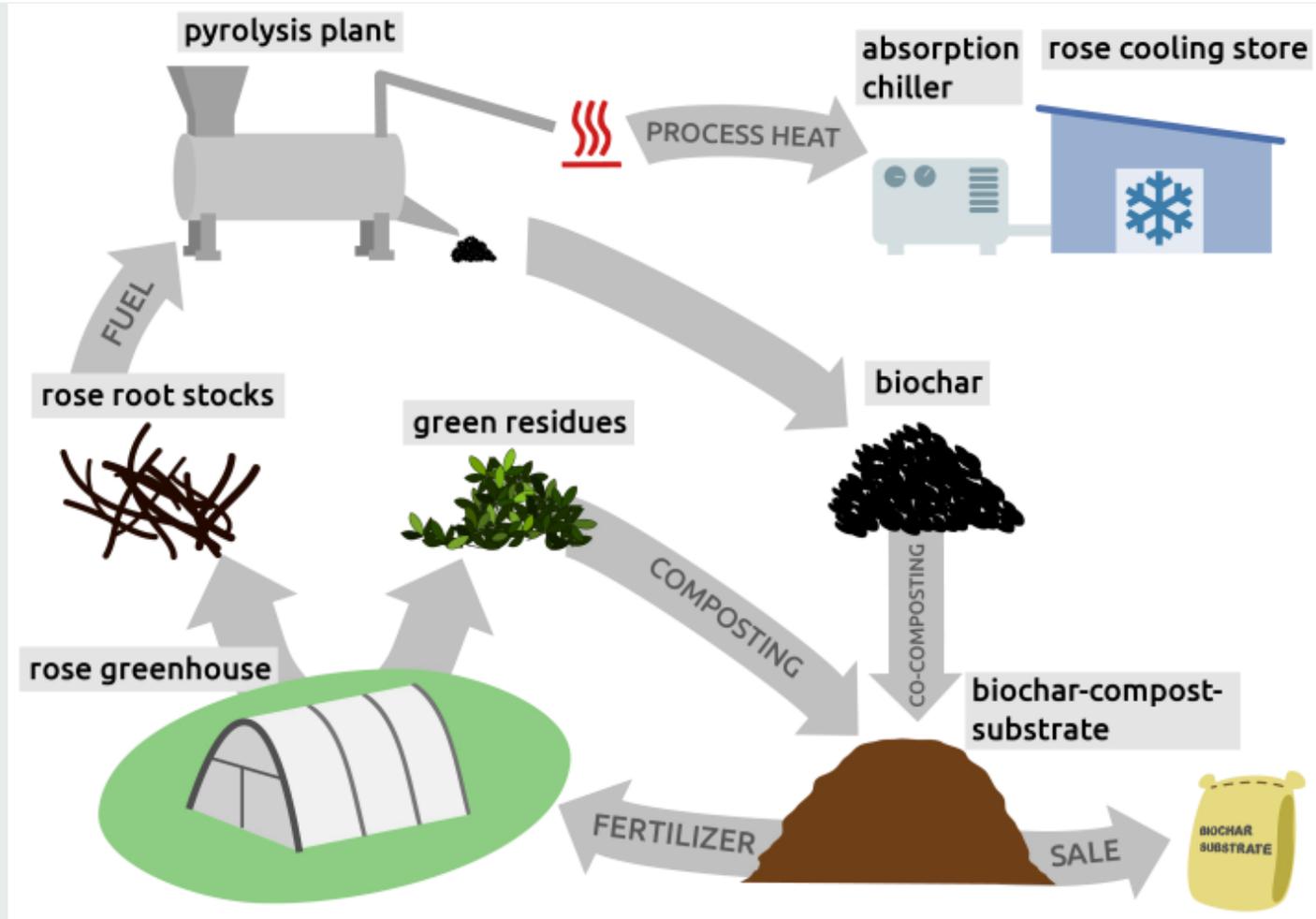


⇒ **430 ha Produktionsfläche**

⇒ **7,800 Mg nicht-kompostierbare Biomasse pro Jahr**

Seitz et al. (2017) Potential Analysis of Biochar Systems for Improved Soil and Nutrient Management in Ethiopia

Theoretisches Modell einer solchen Anlage



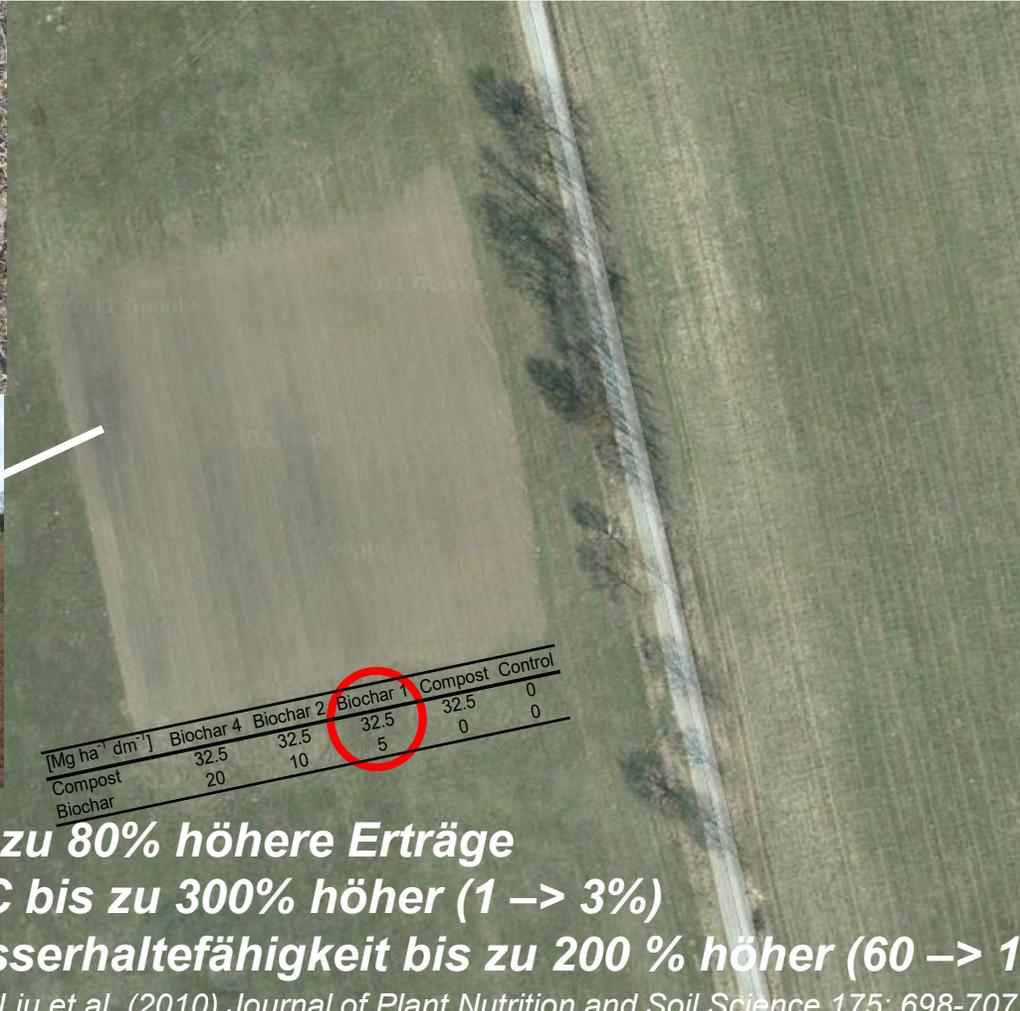
Seitz et al. (2017) Potential Analysis of Biochar Systems for Improved Soil and Nutrient Management in Ethiopia

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Pflanzenkohle–Mengeneffekt (Brandenburg 2009)



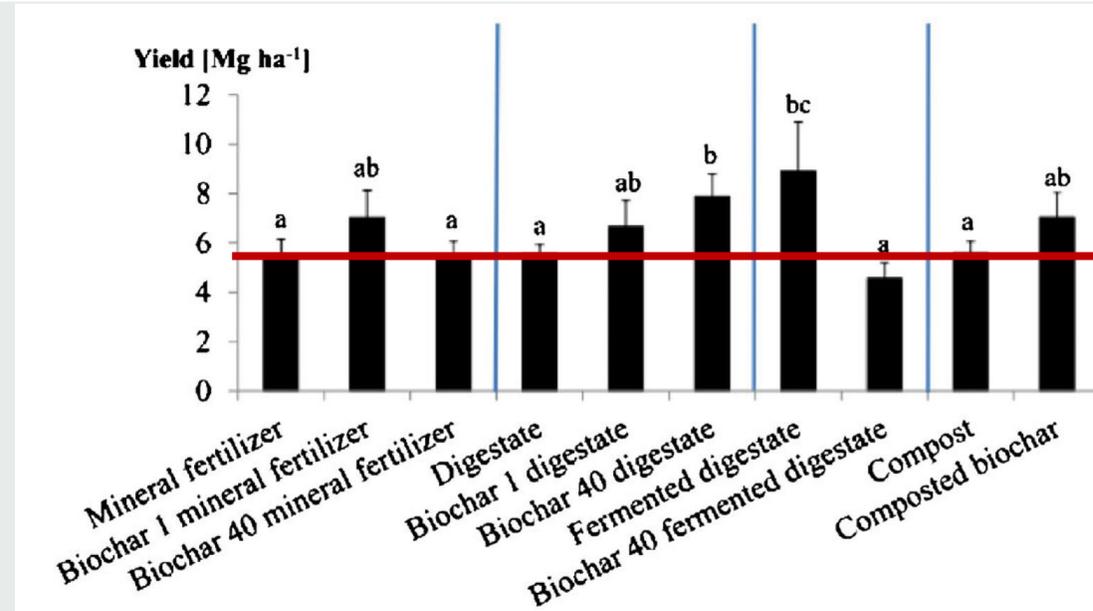
[Mg ha ⁻¹ dm ⁻¹]	Biochar 4	Biochar 2	Biochar 1	Compost	Control
Compost	20	32.5	32.5	32.5	0
Biochar		10	5	0	0

- ⇒ Bis zu 80% höhere Erträge
- ⇒ TOC bis zu 300% höher (1 → 3%)
- ⇒ Wasserhaltefähigkeit bis zu 200 % höher (60 → 120 L m²)

Liu et al. (2010) Journal of Plant Nutrition and Soil Science 175: 698-707



Praxis-Rezepte unter Nutzung regionaler Reststoffe (Wendland 2012)



- ⇒ *Mindestens so gut wie synthetischer Dünger (=Kontrolle)*
- ⇒ *TOC bis 300% höher (3 -> 9%)*
- ⇒ *Nährstoffaufnahme in Pflanzen höher*
- ⇒ *Schwermetallaufnahme in Pflanzen niedriger*

Glaser et al. (2015) *Agronomy for Sustainable Development* 35: 667-678

Einsatz von Pflanzenkohle zur C-Speicherung in Böden



Baden-Württemberg.de

JETZT FÜR MORGEN

Der grün-schwarze Koalitionsvertrag



© picture alliance/dpa | Bernd Weissbrod

Einsatz für Arten- und Klimaschutz

Auf Landesflächen wird das Land seiner Vorbildfunktion für Klimaschutz und für den Erhalt der Biodiversität gerecht. Ökologisch wertvolle Flächen im Landeseigentum werden gesichert und gepflegt. Der Ankauf natur- und klimaschutzwichtiger Flächen wird fortgesetzt (Moorerwerbskonzept und andere). Beim Ankauf achten wir darauf, dass möglichst keine zusätzliche Flächenkonkurrenz mit landwirtschaftlich genutzten Flächen entsteht. **Moore werden renaturiert und auch andere landeseigene Flächen werden mit Humusaufbau und der Anwendung von Pflanzenkohle als Kohlenstoffspeicher genutzt.** Außerdem werden Landesflächen für Freiflächen-PV (Agri-Photovoltaik) genutzt.



Koalitionsvertrag Bündnis90/Die Grünen und CDU Baden-Württemberg 2021-2026

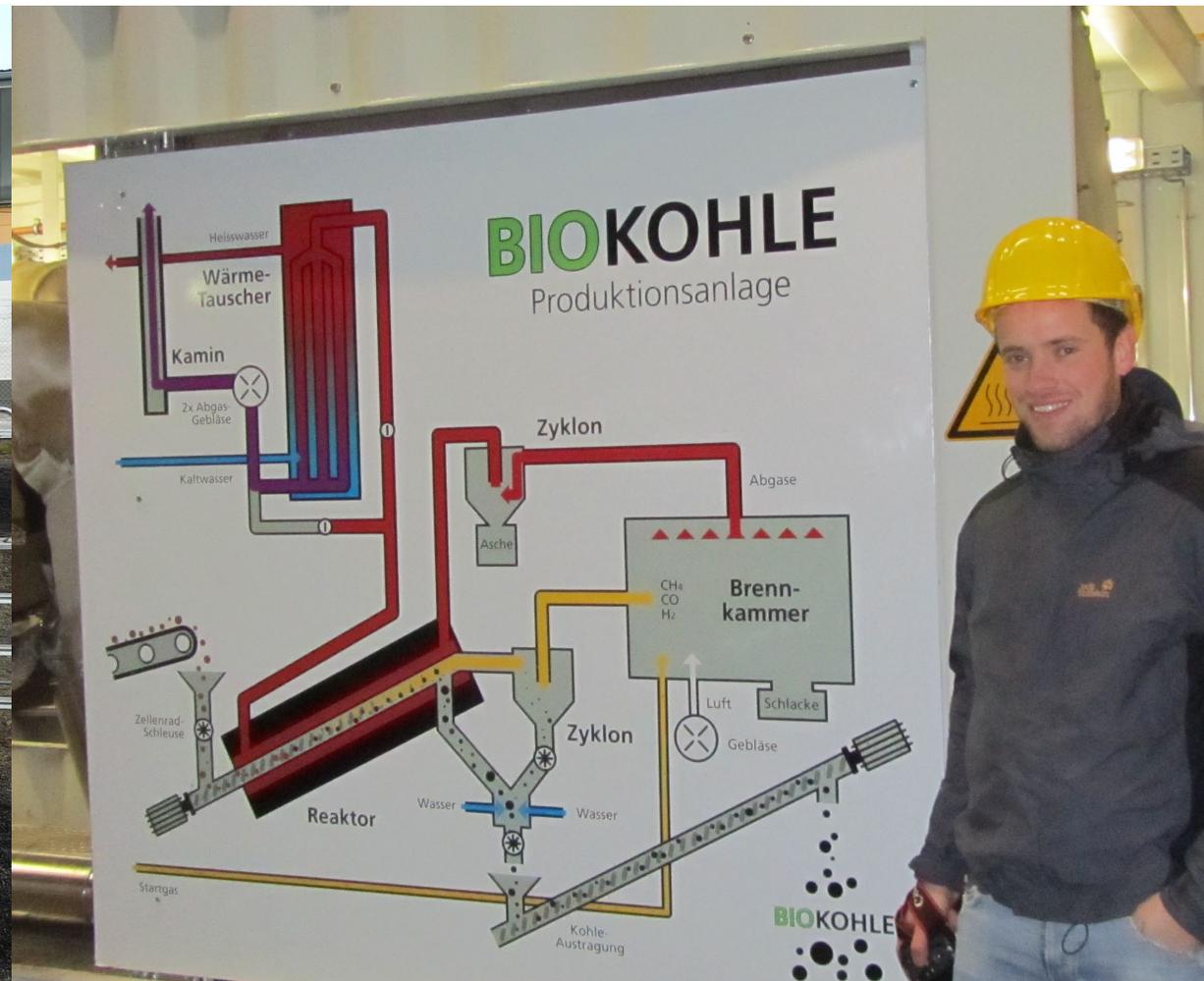


MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT
HALLE-WITTENBERG



Bruno Glaser
Pflanzenkohle – Stand der Forschung

PYREG GmbH (Dörth, Deutschland)



www.pyreg.de



Sonnenerde (Kaindorf, Österreich)



www.sonnenerde.at



MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT
HALLE-WITTENBERG



Bruno Glaser
Pflanzkohle – Stand der Forschung

Abfallkreis Neckar-Odenwald, Deutschland (AWN)



Materialzustände
Wirkstoff des Kompostes: 1. 2 Wochen, 2. 4 Wochen, 3. 6 Wochen

Ideale Zusammensetzung der Kompostmiete

- 10% Erde
- 10% fertiger Kompost
- 10% frisches Grün (Grünpflanzenschnitt)
- 70% verfügbares Material z.B.: Laubstreu, Landschaft, Humate, Grasschnitt, Rinde, etc.

BIOMASSEZENTRUM IN BUCHEN
Originalherstellung mit Herkunfts- und Nachverfolgungskennlinie, hergestellt nach der Deutschen Normenkommission nach DIN 19254

AWN

www.awn-online.de

www.awn-online.de



MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT
HALLE-WITTENBERG



Bruno Glaser
Pflanzkohle – Stand der Forschung

Bionero GmbH, Thurnau (Deutschland)



www.bionero.de



Pflanzenkohle als Futterzusatz (Futterkohle)

Historische Nutzung von Pflanzenkohle

- Verdauungsbeschwerden
- Präventiver Futterzusatz

Positive Effekte

- Adsorption von organischen Molekülen (z.B. Geruchsstoffe)
- Adsorption von Mikroorganismen und Toxinen
- Bessere Futterverwertung

Negative Effekte

- Sorption von Vitaminen und Therapeutika ?

Rechtliche Situation

- (EG) Nr. 68/2013 EC 16.01.2013
- Product no. 7.13.1 (Pflanzliche Kohle [Holzkohle] aus Pyrolyse von pflanzl. Biomasse)
- Product quality mandate: (EG) Nr. 178/2002, v.a. Schwermetalle, Dioxine und Furane
- Schweiz: Pflanzenkohle als Futterzusatz im Biolandbau (FIBL–Liste für Biolandbau)

Schmidt et al. (2016) *Ithaka Journal* 95, 364-394



Pflanzkohle als Lebensmittelzusatzstoff (E 153)



Rechtliche Situation

- European Fertilizer Directive (Annex I) gültig ab 01.07.2022 in der ganzen EU
- Legal in den meisten Ländern außer Deutschland
- Germany: Antrag auf Zulassung gestellt
 - ⇒ *Pflanzkohle erlaubt in der Humanernährung (E153)*
 - ⇒ *Pflanzkohle erlaubt als Futterzusatz (EG Nr.68/2013 EC #7.13.1)*
 - ⇒ *Pflanzkohle erlaubt im Ökolandbau (FiBL)*
 - ⇒ *Pflanzkohle noch nicht erlaubt im konv. Landbau (zumindest in D)*
 - ⇒ *Welche Argumente sprechen dagegen?*
- Freiwillige Zertifikate: EBC, BQM, IBI

European Biochar Certificate (EBC)



Richtlinien

European Biochar Certificate

für die nachhaltige Produktion von Pflanzenkohle

Version 10.1G – Stand 10.01.2022

Bitte zitieren als:

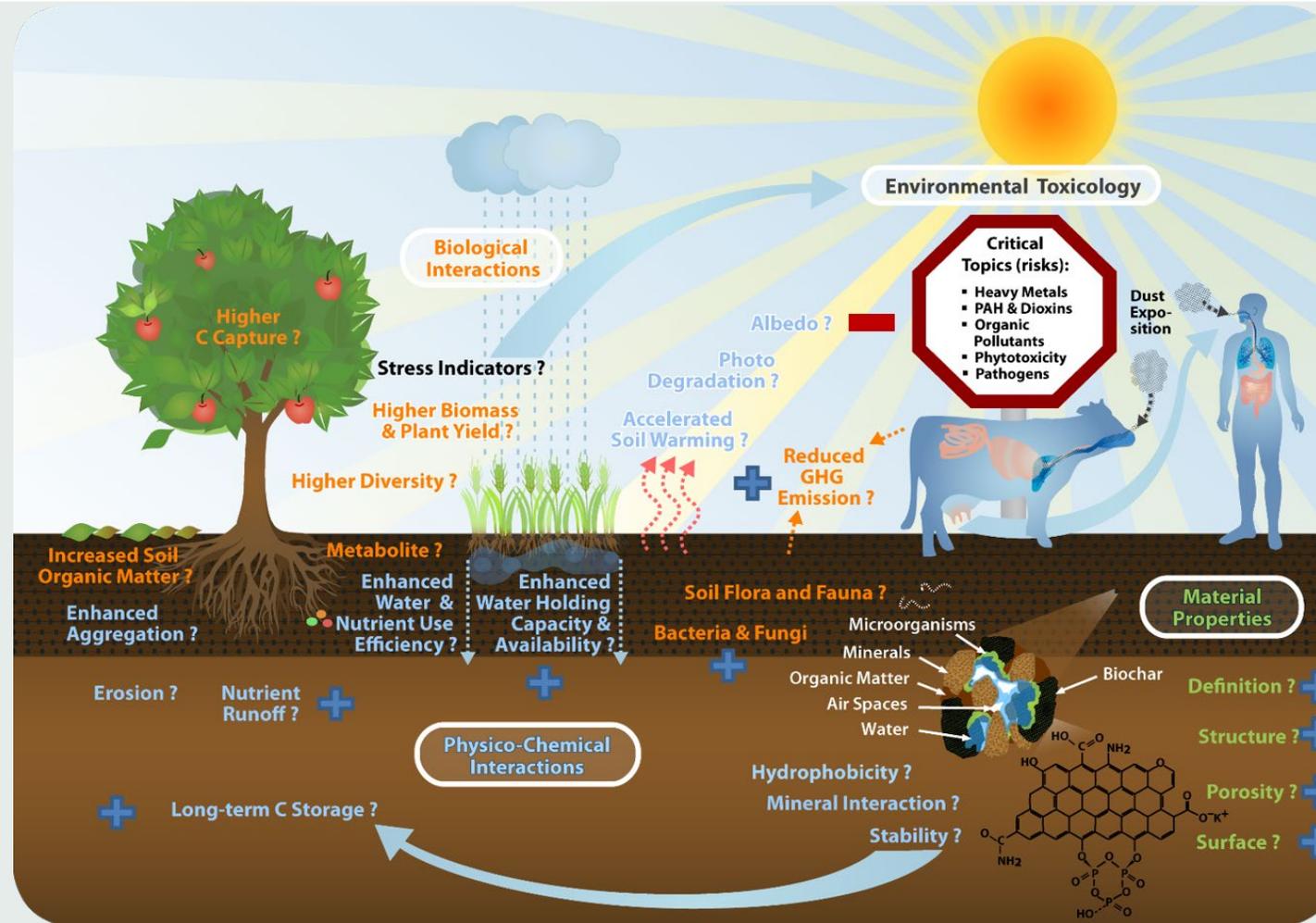
EBC (2012-2022) 'European Biochar Certificate – Richtlinien für die Zertifizierung von Pflanzenkohle', Ithaka Institute, Arbaz, Switzerland. <http://www.european-biochar.org>
Version 10.1G vom 10. Januar 2022

EBC-Zertifizierungsklasse		EBC-Futter	EBC-AgroBio	EBC-Agro	EBC-Urban	EBC- Gebrauchsmaterial	EBC-Rohstoff
Elementaranalyse	Angabe von Ctot, Corg, H, N, O, S, Asche						
	H/Corg	< 0.7					
Physikalische Parameter	Wassergehalt, Trockensubstanz, Schüttdichte (@ < 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)	45 g t-1 TS	120 g t-1 TS	120 g t-1 TS	120 g t-1 TS	Pflichtangabe, keine Grenzwert für Zertifizierung
	Cd	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	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	50 g t-1 TS	50 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	1 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	400 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	90 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	13 g t-1 TS	13 g t-1 TS	
Organische Schadstoffe	16 EPA PAK	Angabe	4±2 g t-1 TS	6.0+2.2 g t-1 TS	Deklaration	Deklaration	not required
	8 EFSA PAK	1.0 g t-1 TS					4 g t-1 TS
	Benzo[e]pyren, Benzofluranthen	< 1.0 g t-1 TS für 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).				

www.european-biochar.org



Wissenschaftlich nachgewiesene Pflanzenkohle-Effekte in Ökosystemen



Seitz et al. (2017) Potential Analysis of Biochar Systems for Improved Soil and Nutrient Management in Ethiopia

