

Workshop "Biokohle – Recycling von organischen Abfällen"

Funktion von Biokohlen in landwirtschaftlichen Böden und deren Einsatz in Biogasanlagen

Jan Mumme

jmumme@atb-potsdam.de

Burg Alzenau, 26. März 2015



Gliederung

1. Biokohle im Boden

- > C-Sequestrierung
- > Treibhausgasminderung
- > Wasser- und Nährstoffhaltefähigkeit
- > Ertragseffekte

2. Biokohle als Hilfsstoff in Biogasanlagen

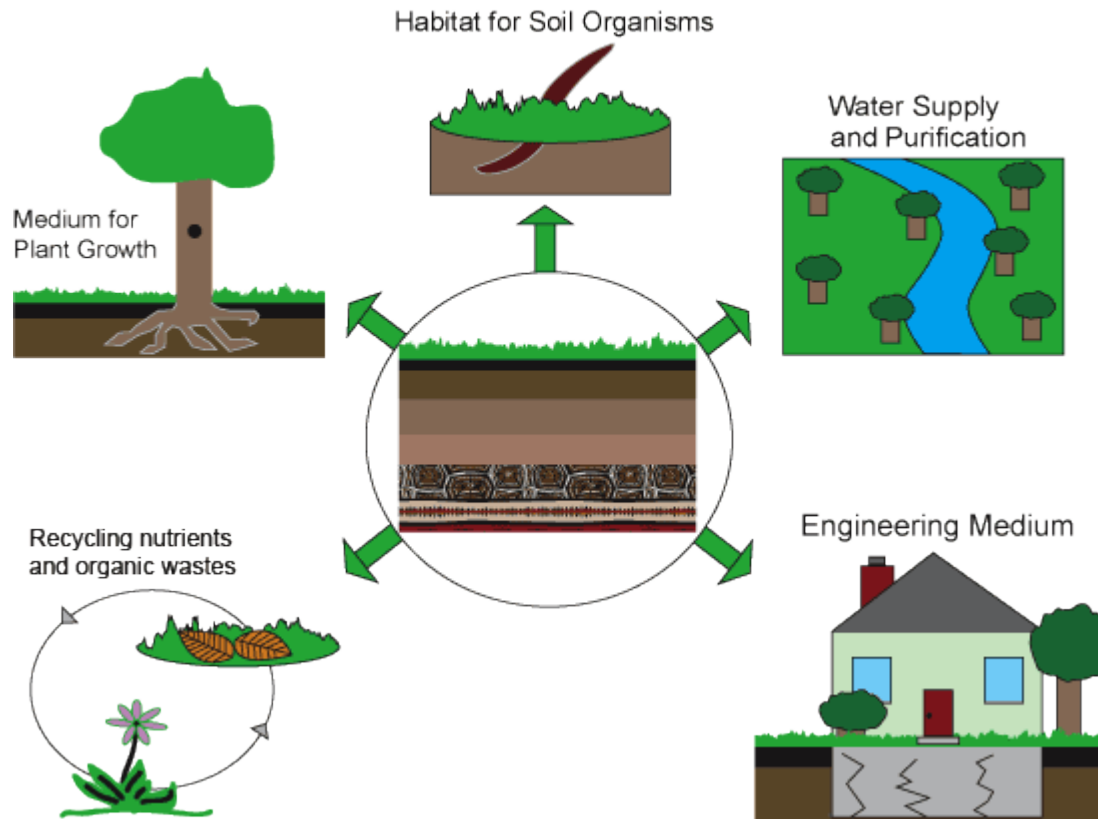
- > Abbau zu Biogas
- > Minderung von Hemmefekten
- > Nutzung als Aufwuchsträger

Biokohle im Boden



Funktionen des Bodens

The Five Functions of Soil



Landwirtschaftliche Funktion des Bodens



© Lernort **Boden**, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV) 2006. Alle Rechte vorbehalten.

⇒ **Mineralische Bodentextur bestimmt die Fruchtbarkeit**

Terra Preta – Beispiel menschengemachter Böden

Alter: 500-7000 Jahre

Fläche: ca. 10% der Fläche Amazoniens

Zutaten:

Holzkohle (Biokohle)

Pflanzenreste

Asche

Knochen und Fischgräten

Tonscherben

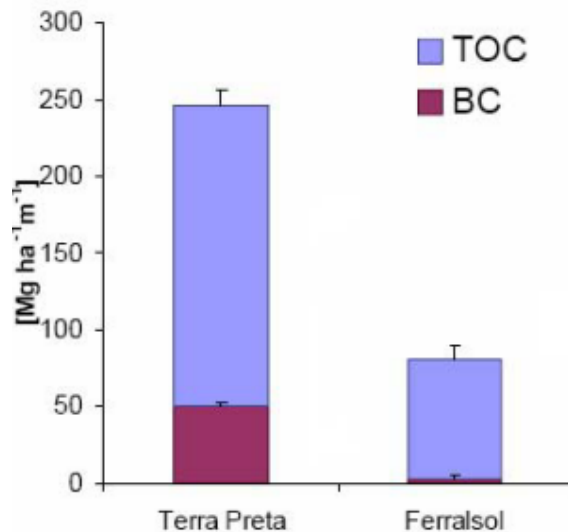
Weitere???

Ferralsol

Terra Preta



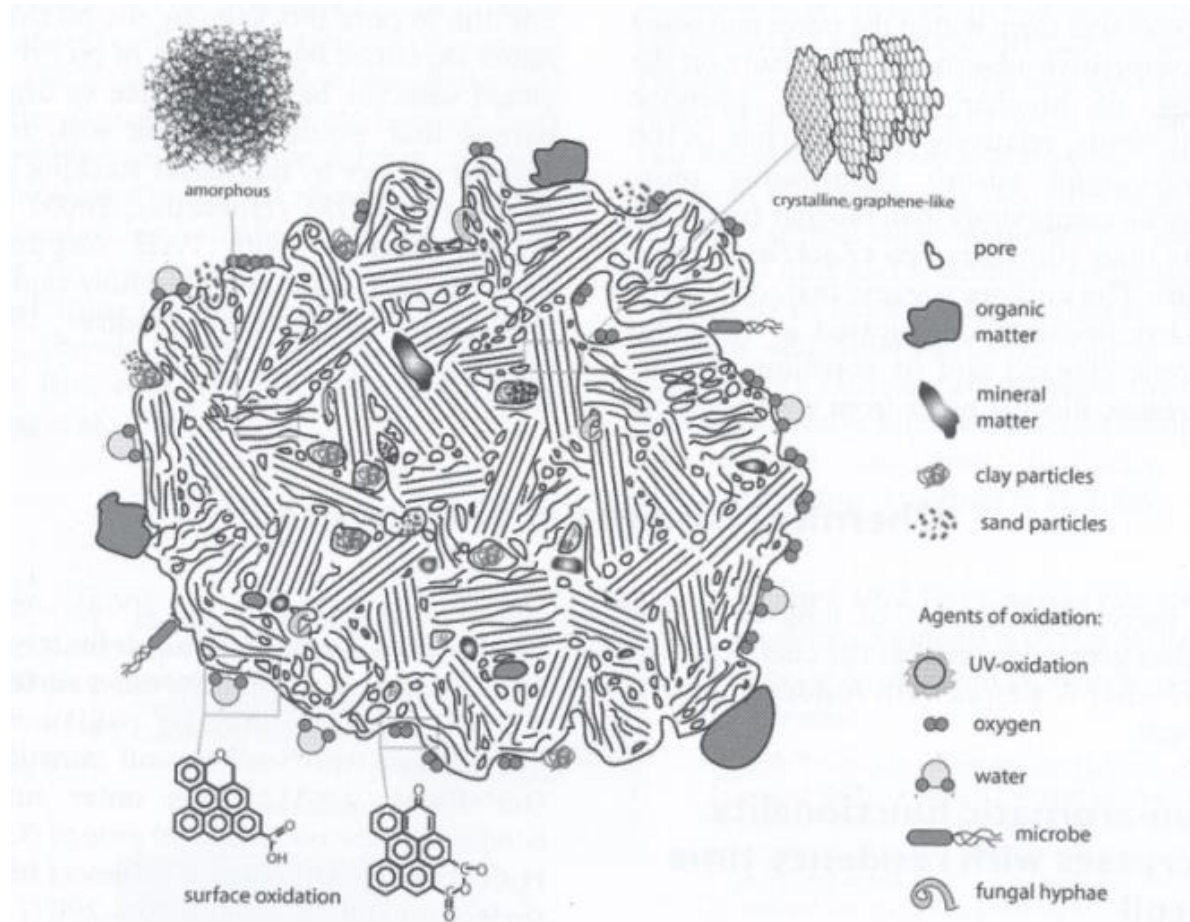
Glaser et al. 2001



⇒ **Das System “Biokohle” kann nachhaltig wirken.**

⇒ **Wie kann Terra Preta technisch hergestellt werden?**

Von Biokohle zu Terra Preta



⇒ **Biokohle bildet im Boden komplexe, heterogene Partikel**

Mögliche Wirkungen von Biokohle im Boden

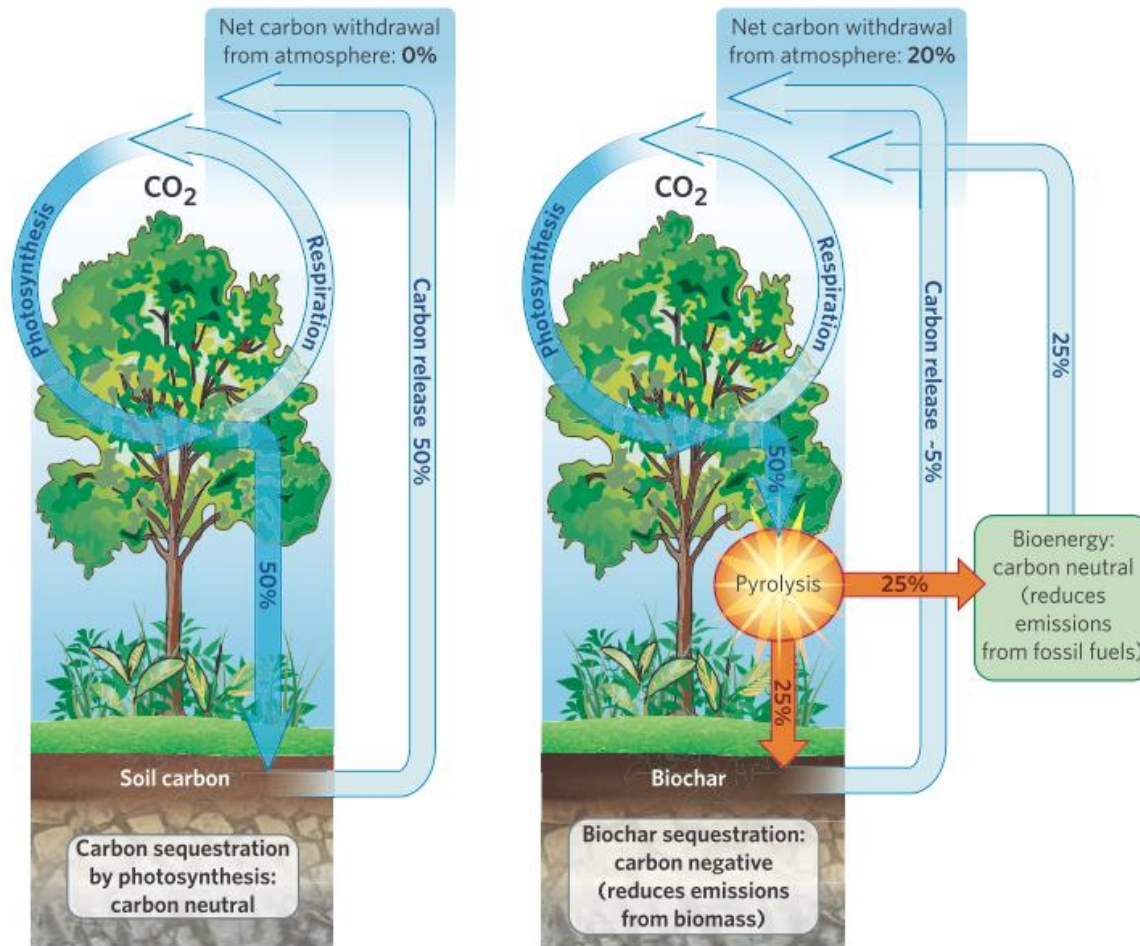
- Nachhaltige C-Anreicherung
- Höhere Speicherfähigkeit von Wasser und Nährstoffen
- pH-Anstieg
- Festlegung von Schadstoffen (z.B. PAK, Schwermetalle)
- Positive “Lenkung” der Boden-Mikroflora

⇒ **Höhere Ertragsfähigkeit**

⇒ **C-Sequestrierung**



Biokohle und C-Sequestrierung



⇒ **Biokohle kann dauerhaft Kohlenstoff aus der Atmosphäre entziehen**

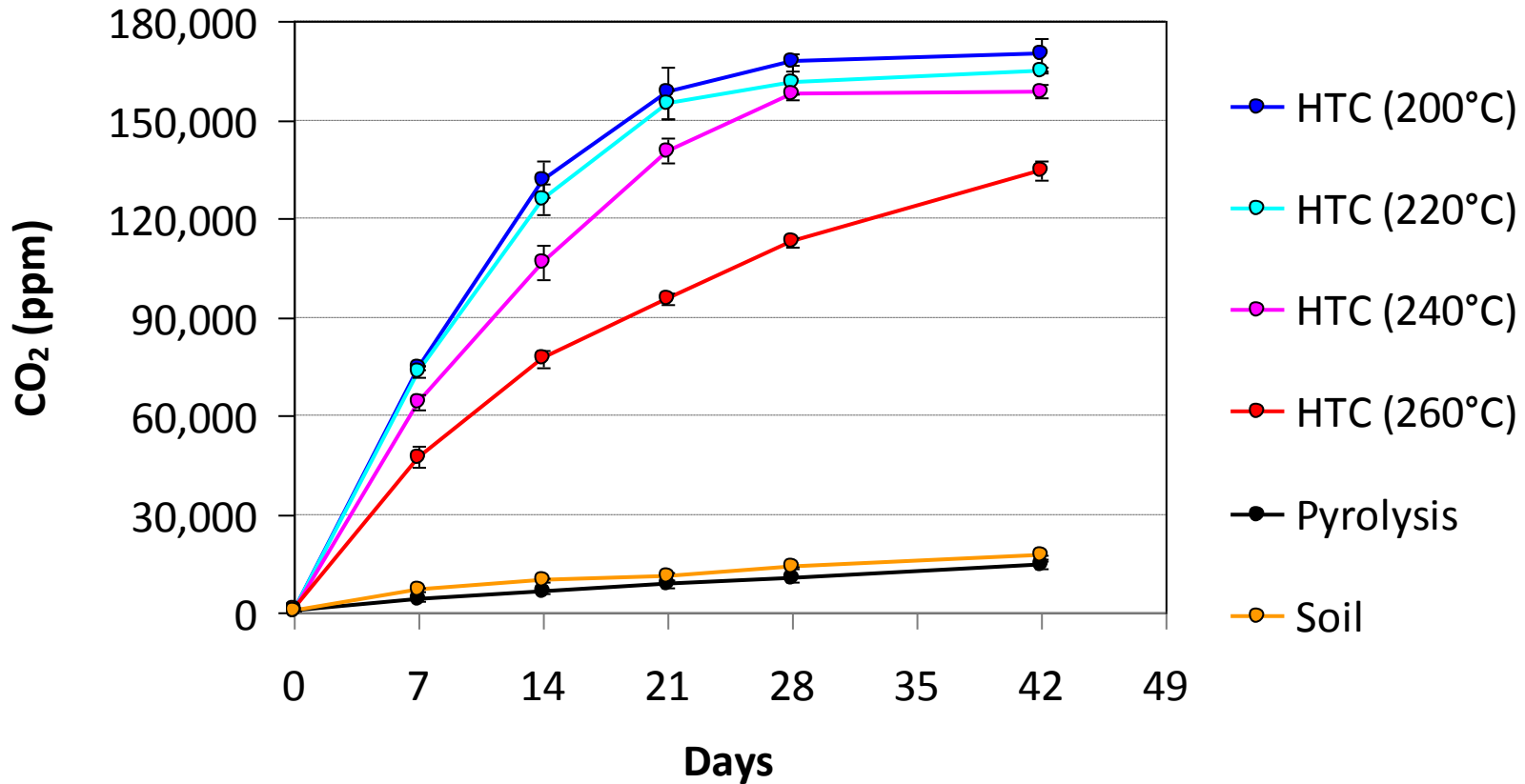
Bodeninkubation im Labor

- 3 - 5 g Boden + 0.01 - 3.0 g Substrat in 125 ml Fläschchen
- Aerobe Bedingungen, 20° C
- Befeuchtung (40 - 80% WHK)
>> anaerobe Microzonen
- Kurzzeit-Inkubationen < 60 Tage
- Langzeit-Inkubationen > 2 Jahre
- Belüftung alle 1 - 8 Wochen
- CO₂ und N₂O Analyse mit GC. Bestimmung nach Separation mittels gepackte Säule
FID >> CH₄, ECD >> CO₂, N₂O



CO₂-Freisetzung aus HTC und Pyrolysekohle

Biomasse: Oliven-Presskuchen



⇒ HTC-Kohle ist weniger stabil als Pyrolyse-Biokohle

Stabilität von C-Materialien



C-Stabilität

Glukose

Cellulose

Holz



Ausgangs-Biomassen für Biokohle

HTC-Kohle

MVZ 4-29 y (*Steinbeiss et al. 2009*)

Pyrolyse-Kohle

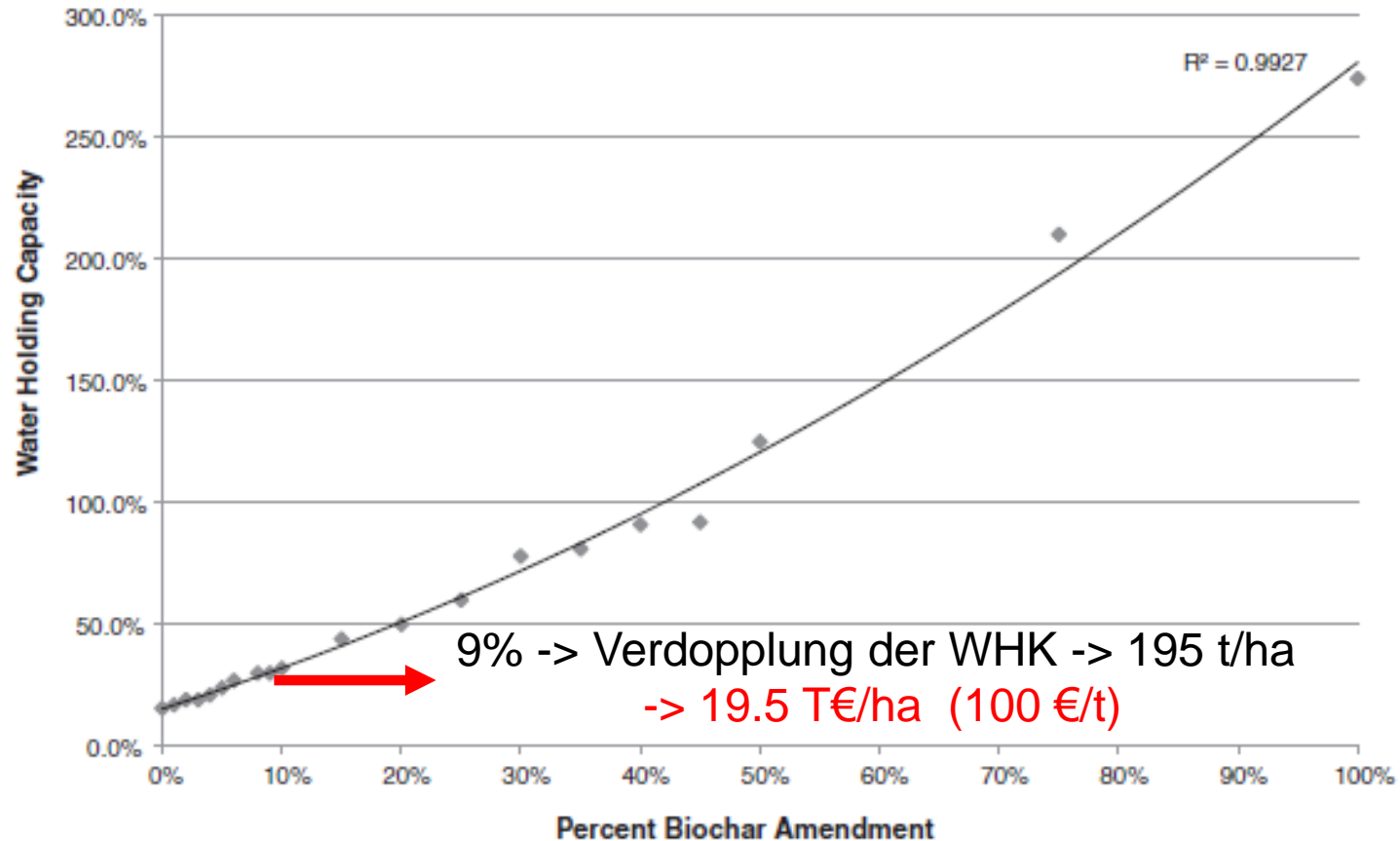
MVZ ~ 2000 y (*Kuzyakov et al. 2009*)

Vergaser-Biokohler

Holzkohle (Grillkohle)

Graphit

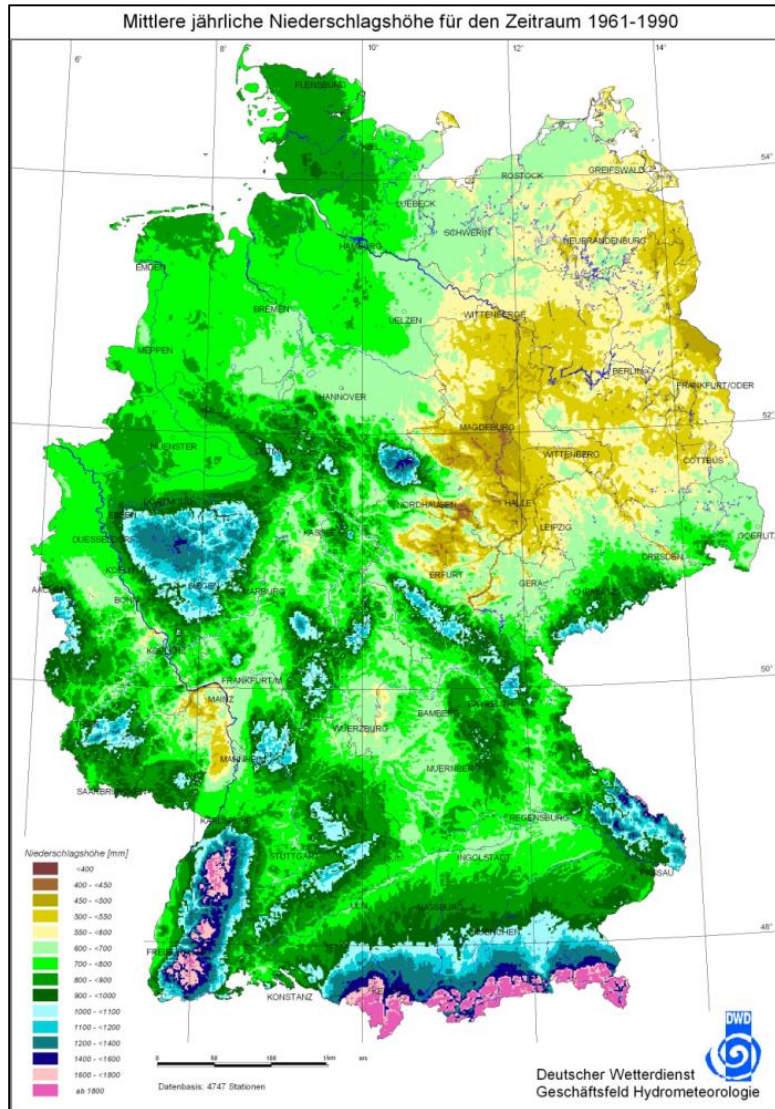
Biokohle und Wasser



⇒ **Biokohle kann die WHK erheblich erhöhen**

⇒ **Aber: hohe Kosten für Biokohle, Wasser nicht unbedingt pflanzenverfügbar, Zersetzung/Verlagerung der Biokohle über die Zeit**

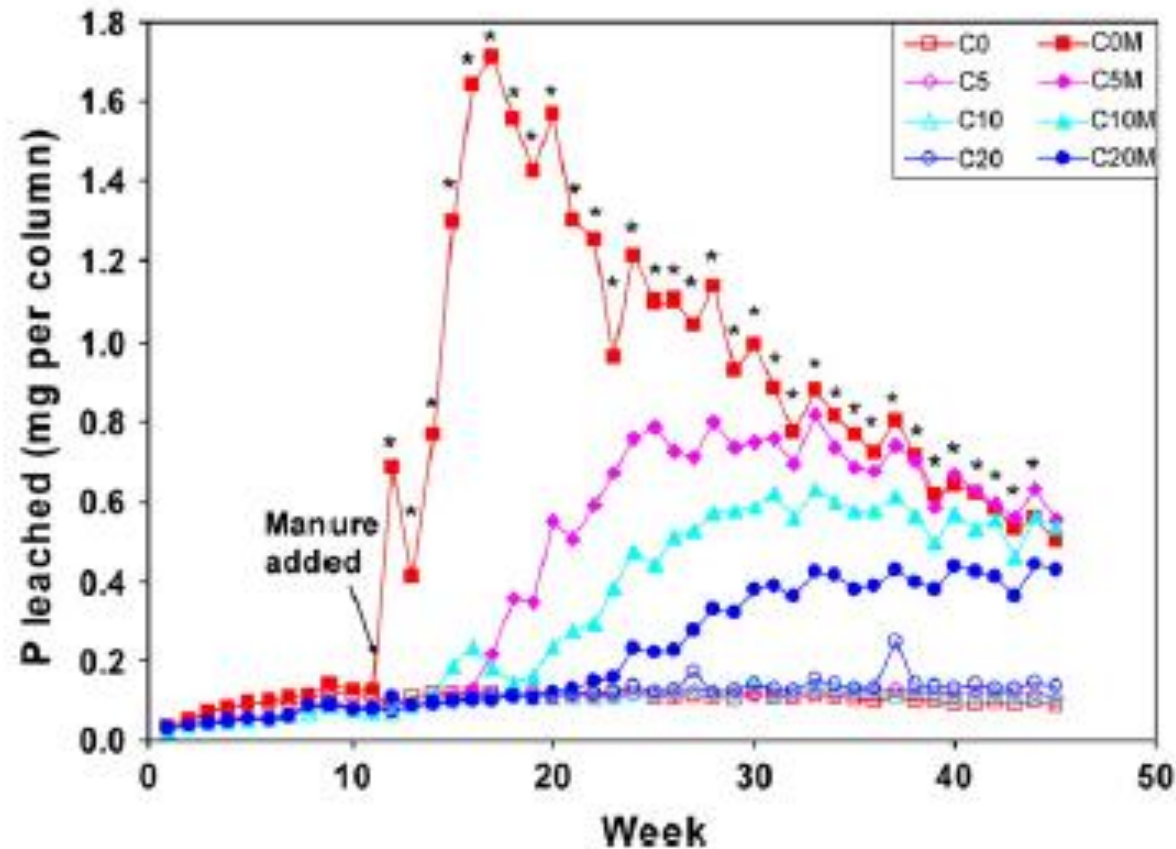
Biokohle und Wasser



- Wenig Niederschlag
- Sandige Böden

⇒ **Vorzugsgebiet Ostdeutschland**

Biokohle und Nährstoffe - Auswaschung



⇒ **Biokohle kann die Auswaschung von Nährstoffen verhindern, insb. von Phosphor**

Ertragseffekte von Biokohle – HTC-Feldversuche

● Parzellen: 1.5 × 3.3 m²

● Boden

- Sandboden
- C_t: 0.74%
- pH: 6.1

● Varianten:

- Frische HTC-Kohle aus Maissilage
- Fermentierte HTC-Kohle
- Dosierung auf 1% u. 2% C_t

● Fruchtfolge:

- Hirse 06/11 – 10/11
- Roggen 10/11 – 05/12
- Mais 05/12 – 10/12
- Weizen 11/12 – 08/13



Erste Kultur (Hirse) nach der Biokohle

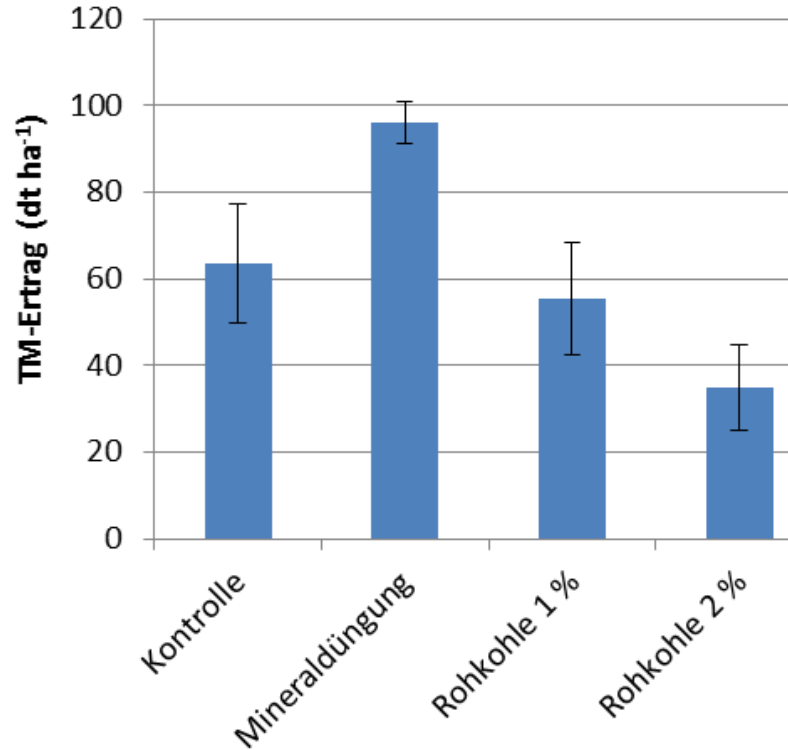


-> HTC-Kohle blieb auf der Oberfläche (->Hydrophob)

Erste Kultur (Hirse) nach der Biokohle



Ernteertrag der Hirse-Ganzpflanze



-> frische HTC-Kohle hemmt Pflanzenwachstum

Phytotoxische Effekte durch VOCs der HTC-Kohle

Table 5 Effect of 11 substances in concentrations as common in HTC process-waters on germination (in%), length of shoot and root (in mm) and shoot/root ratio of cress seeds after 5 days

Treatment	Germination			Shoot length		Root length		Shoot/root ratio
	(% of control)	std	$P \leq 0.05$	(mm)	std	(mm)	std	
Control	100.0	1.9	A	15.7	4.8	22.8	10.7	0.69
Formic acid	101.1	0.0	A	14.8	4.5	28.8	10.4	0.51
Acetic acid	97.7	3.5	A	12.2	3.6	9.9	2.6	1.23
Phenol	99.0	0.0	A	14.1	2.8	35.7	12.2	0.40
Guaiacol	56.7	19.5	B	7.8	1.6	7.1	3.1	1.11
HMF	99.0	1.0	A	15.2	3.6	24.9	10.4	0.61
GCD	97.9	1.1	A	14.2	3.0	13.3	7.6	1.06
Glycolic acid	2.0	1.0	C	0.0	0.0	0.0	0.0	-
Propionic acid	101.1	2.1	A	13.2	2.4	23.1	8.2	0.57
Levulinic acid	3.0	2.6	C	0.0	0.0	0.0	0.0	-
Tartaric acid	101.1	0.0	A	13.0	2.9	26.5	12.8	0.49
Catechol	98.9	1.1	A	8.9	2.1	9.7	6.1	0.91

HMF, hydroxymethylfurfural; GCD, glycolaldehyde dimer; HTC, hydrothermal carbonization. Different letters indicate significant differences between the treatments using one-way ANOVA and following Student–Newman–Keuls test ($P \leq 0.05$).

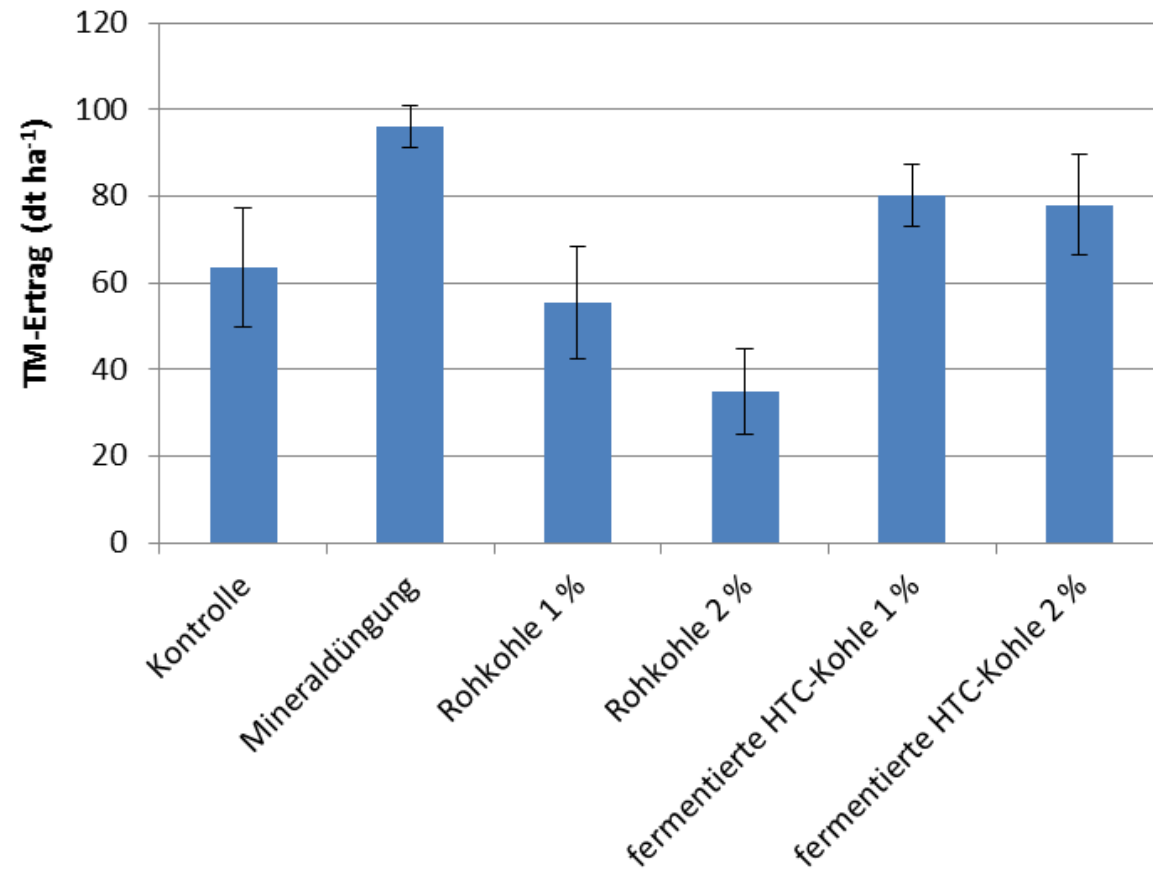
-> Nachbehandlung von HTC-Kohle erforderlich

Fermentation von HTC-Kohle...



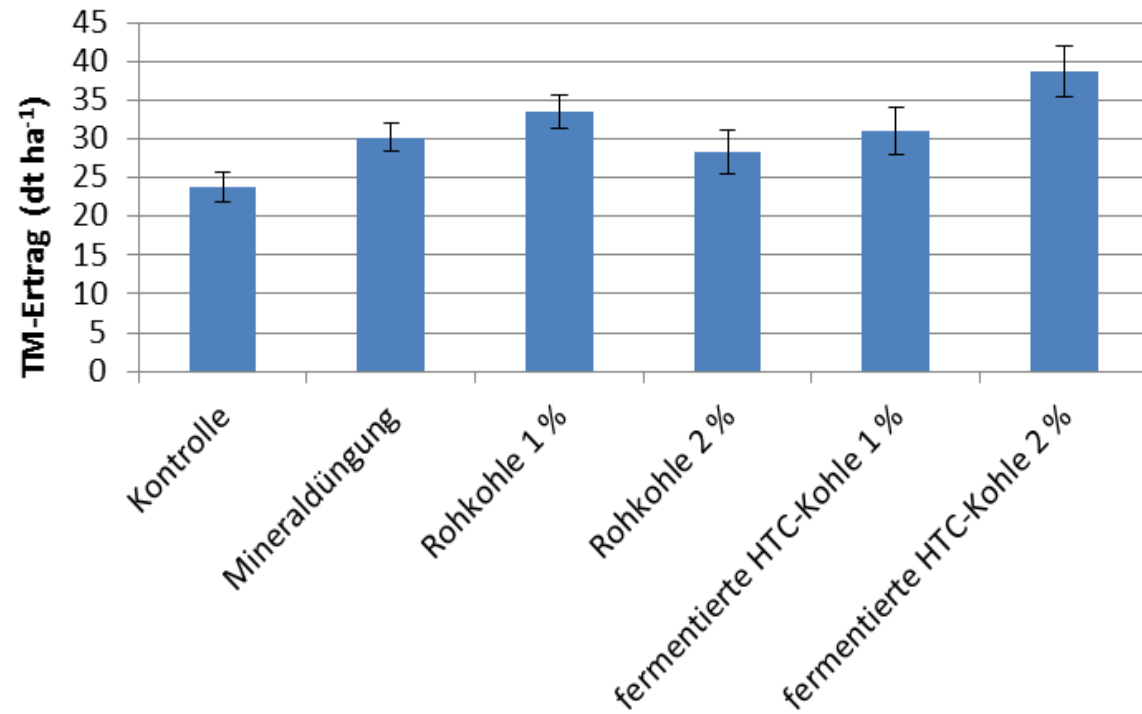
...bei mesophilen Temperaturen, drei Wochen.

Ertragseffekte fermentierter HTC-Kohle



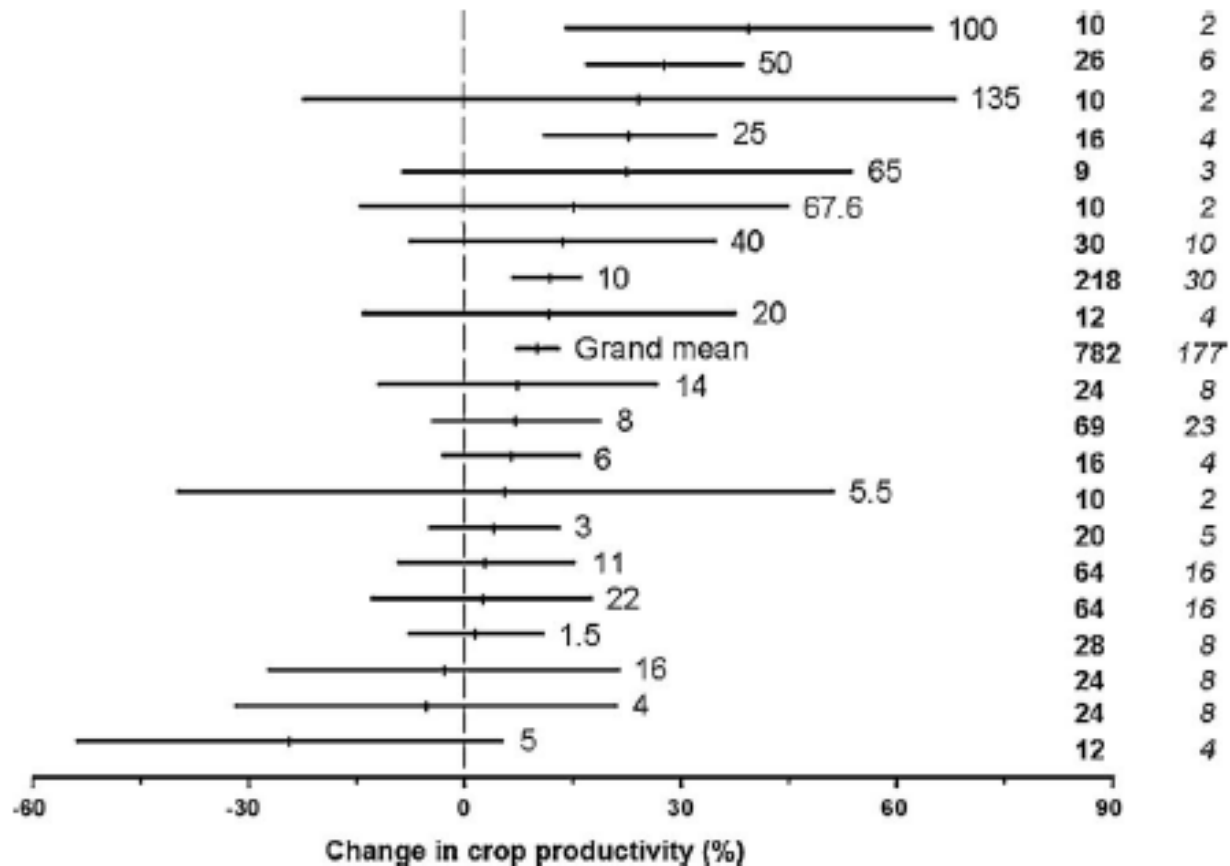
-> Fermentation reduziert Hemmeffekte

Ernteertrag der 2. Kultur (Grünroggen)



- > natürliche HTC-Alterung (Aging) reduziert Hemmung
- > höchster Ertrag durch fermentierte Kohle
- > in den nächsten Kulturen geringere Unterschiede Kontrolle/Biokohle

Metanalyse publizierte Biokohle-Etragseffekte



- > im Mittel 10% höherer Ertrag
- > Spanne -28% bis +39%
- > Komplexe Biokohle-Boden Wechselwirkungen

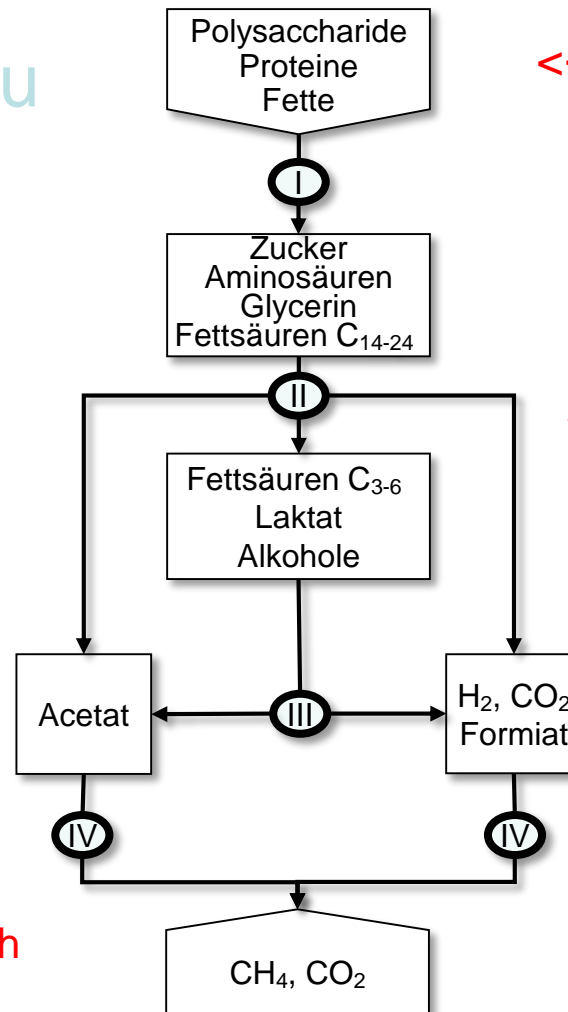
BK als Additiv in Biogasanlagen



Biogas-Prozessbiologie und Biokohle

4-stufiger Abbau

- I Hydrolyse**
fermentative Organismen
Generationszeit: 1 – 48 h
- II Acidogenese**
fermentative Organismen
- III Acetogenese**
acetogene Organismen
Generationszeit: 9 – 120 h
- IV Methanogenese**
methanogene Organismen
Generationszeit: 18 – 120 h

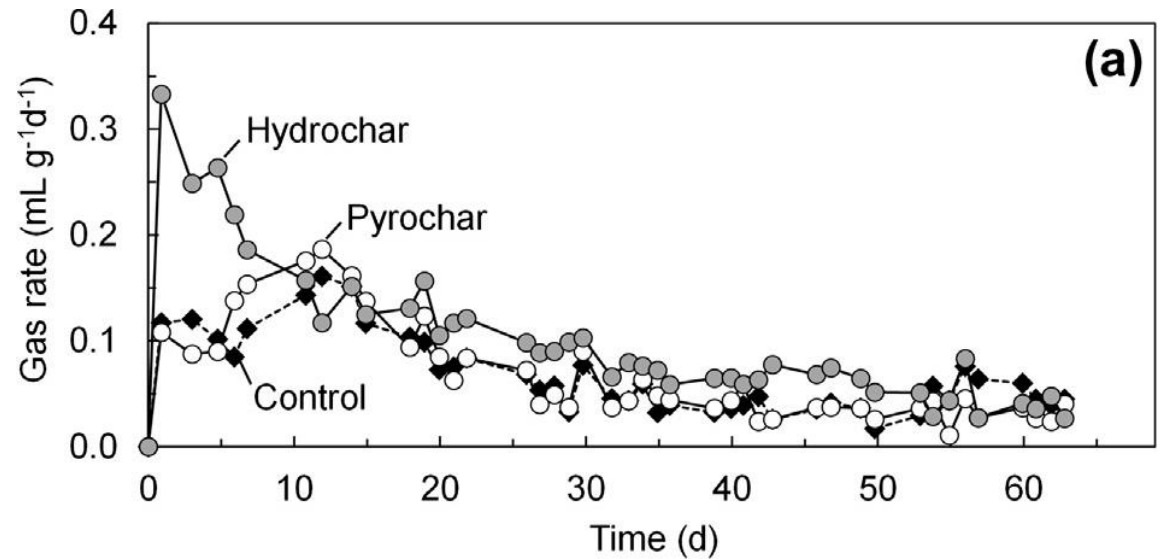


<- Biokohle als Substrat?

<- Biokohle zur Vermeidung einer Ammonium-Hemmung?

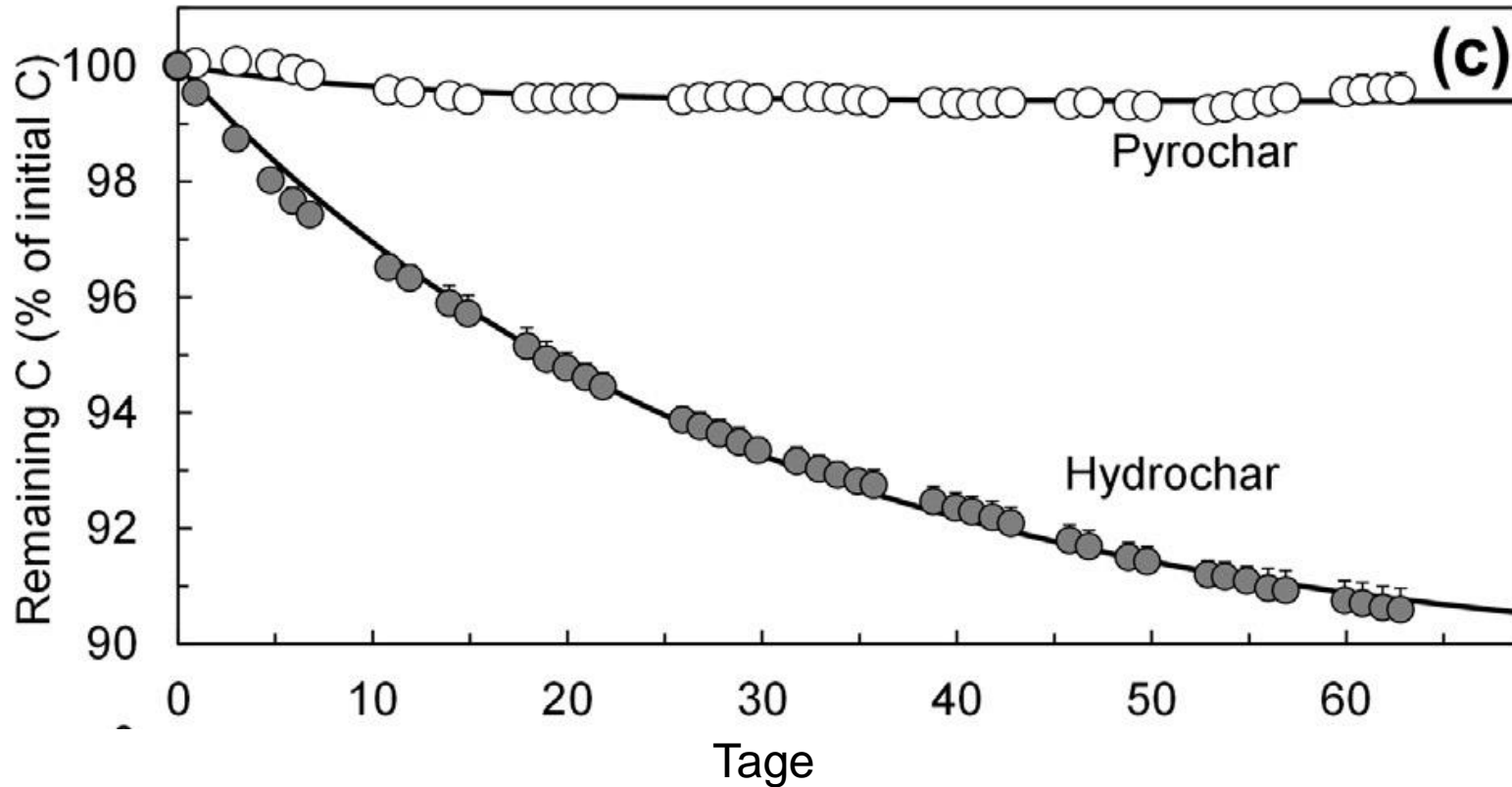
<- Biokohle zur Immobilisierung von MOs?

Wirkung von Biokohlen auf die Biogasbildung



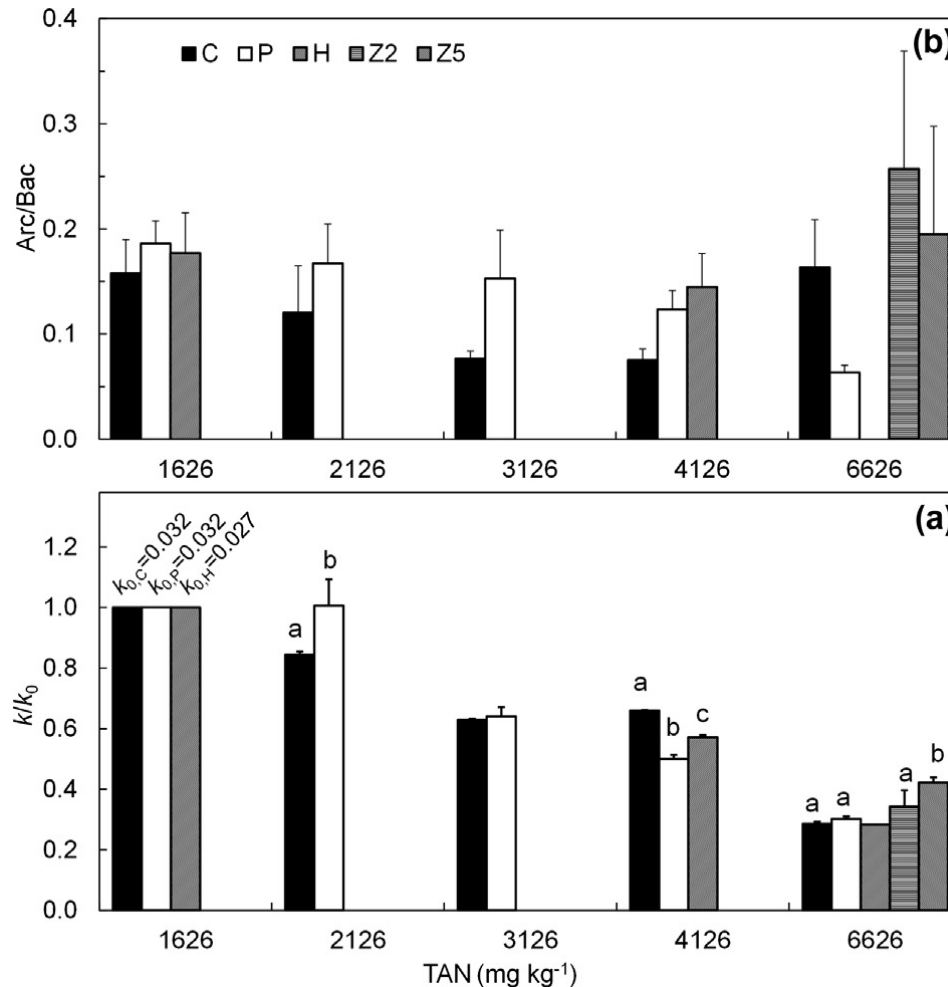
-> höhere Biogasraten durch HTC-Kohle

Stabilität von Biokohle im Biogasprozess



-> **HTC-Kohle ist weniger stabil als Pyrolyse-Kohle**

Wirkung auf Ammonium-Hemmung und Mikrobiol.



- > Pyroyse-Kohle kann eine schwache Hemmung aufheben.
- Keine Wirkung bei starker Hemmung
- > Biokohlen erhöhen den Anteil an Archeen (Methanbildn.)

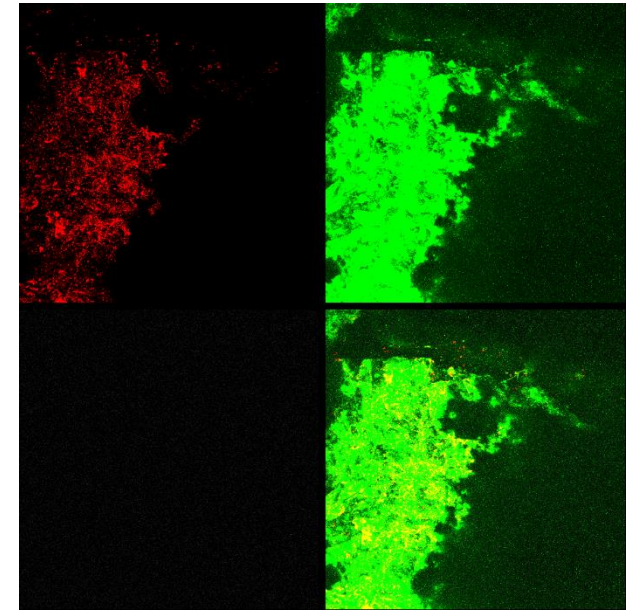
Magnetische HTC-Kohlen und Biogas-Einsatz



Herstellung im Druckreaktor



Stabile magnetische Biokohle



Nachweis eines Biofilms nach Anwendung im Biogasreaktor durch Anfärbung

Fazit

- > Biokohle-**Boden** Interaktion äußerst komplex und langwierig
- > Gesichert: C-Sequestrierung, Verbesserte Wasser- und Nährstoff-Haltfähigkeit, Hemmung durch frische HTC-Kohle
- > Unsicher: Minderung von Treibhausgasen, höhere Ernteerträge
- > Hohe Kosten von Biokohle -> Sandböden prädestiniert

- > Biokohlen wirken vielfältig im **Biogas**prozess
- > Begrenzter Abbau zu Biogas (HTC-Kohle)
- > Begegnung leichter Hemmeffekte
- > Verbesserung der mikrobiellen Struktur (MO-Träger)