

Energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial durch die anaerobe Vergärung, Pyrolyse und Hydrothermale Carbonisierung (HTC)

Michael Röhrdanz

Carl von Ossietzky Universität, Oldenburg



Inhalt

- 1 „Problematik“ des Landschaftspflegematerials
- 2 Übersicht über Bioenergieverfahren
 - Anaerobe Vergärung (Biogas)
 - Pyrolyse
 - Hydrothermale Carbonisierung
 - Vergleich der HTC und der Pyrolyse
- 3 Das HTC-Projekt

1 „Problematik“ des Landschaftspflegematerials*

* Kurzform: Lapfma

- viele Schutzgebiete müssen regelm. gepflegt werden
 - Verhinderung von Verbuschung und –brachung, Erhalt bzw. Verbesserung der Diversität (durch Mahd)
- Material von Landschaftspflegeflächen in der Landwirtschaft zum größten Teil nicht verwertbar (zu geringer Futterwert, Unverdaulichkeit, Gefahr durch Krankheiten)
- Teilweise Bildung von Dominanzbeständen einzelner Arten (z.B. die Flatter-Binse)







- Entsorgung auf Kompostierungsanlagen kostenintensiv (200€ ha/a Entsorgung (Thüringen) zzgl. Transport und Stundenlohn)
- in Nds. tausende Tonnen, die jährlich anfallen...
- Definition Landschaftspflegematerial problematisch
- Klimaerwärmung, Preise für fossile Energieträger steigen, ...

→ Alternative Verwendung ist gefragt!

→ **energetische Verwertung!**

2 Übersicht über Bioenergieverfahren

Energetische Nutzung von Biomasse:

Diverse Verfahren auf dem Markt

- Biogas
- Verbrennung

- Pyrolyse
- HTC
- VTC (Vapothermale Carbonisierung)
- HTK (Hydrothermale Karboxylierung)
- BTL (Biomass to liquid)
-

Energetische Nutzung von Biomasse:

Diverse Verfahren auf dem Markt

- Biogas
- Verbrennung
- Pyrolyse
- HTC
- VTC
- HTK
- BTL
-

Verfahren im Fokus



Anaerobe Vergärung – Biogasbildung

Geeignet für feuchte und grasartige Biomassen

Ziel der anaeroben Vergärung ist die Herstellung von **Biogas**
Biogas – was ist das eigentlich?

Biogas ist ein Gasgemisch

Tab. 1: Zusammensetzung von Biogas. Nach Kaltschmitt & Hartmann (2001)

Bestandteil	Konzentration
Methan (CH ₄)	50-75 % Vol.
Kohlendioxid (CO ₂)	25-45 % Vol.
Wasser (H ₂ O)	2-7 % Vol. (bei 20-40 °C)
Stickstoff (N ₂)	<2 % Vol.
Sauerstoff (O ₂)	<2 % Vol.
Wasserstoff (H ₂)	<1 % Vol.
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	20-20000 ppm

Biogas ist ein Gasgemisch

Tab. 1: Zusammensetzung von Biogas. Nach Kaltschmitt & Hartmann (2001)

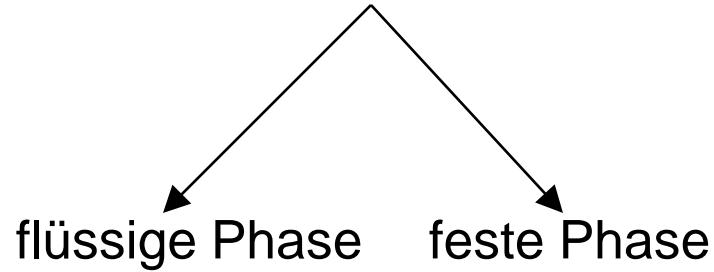
Bestandteil	Konzentration
Methan (CH ₄)	50-75 % Vol.
Kohlendioxid (CO ₂)	25-45 % Vol.
Wasser (H ₂ O)	2-7 % Vol. (bei 20-40 °C)
Stickstoff (N ₂)	<2 % Vol.
Sauerstoff (O ₂)	<2 % Vol.
Wasserstoff (H ₂)	<1 % Vol.
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	20-20000 ppm

Methan energetisch nutzbar!

energetische Nutzung nach Reinigung durch:

- BHKW
- Einspeisung ins Erdgasnetz
- Biogas für PKWs
- Brennstoffzellen
- ...

Verfahren der Vergärung unterteilen sich in



Verfahren der Vergärung unterteilen sich in

flüssige Phase feste Phase

Flüssigvergärung



Abb. 1: Flüssigfermenter. Quelle: <http://www.bios-biogas.de>

Verfahren der Vergärung unterteilen sich in

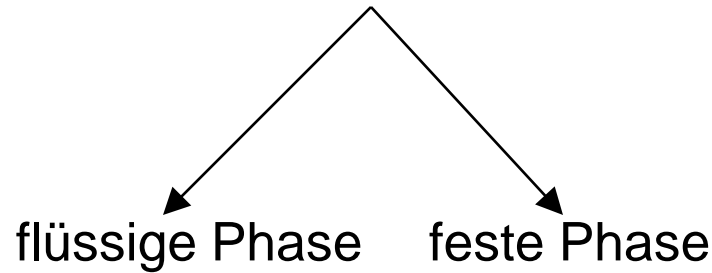


Abb. 2: Feststofffermenter. Carius 2009

Feststoffvergärung*

* auch als Trockenvergärung bekannt

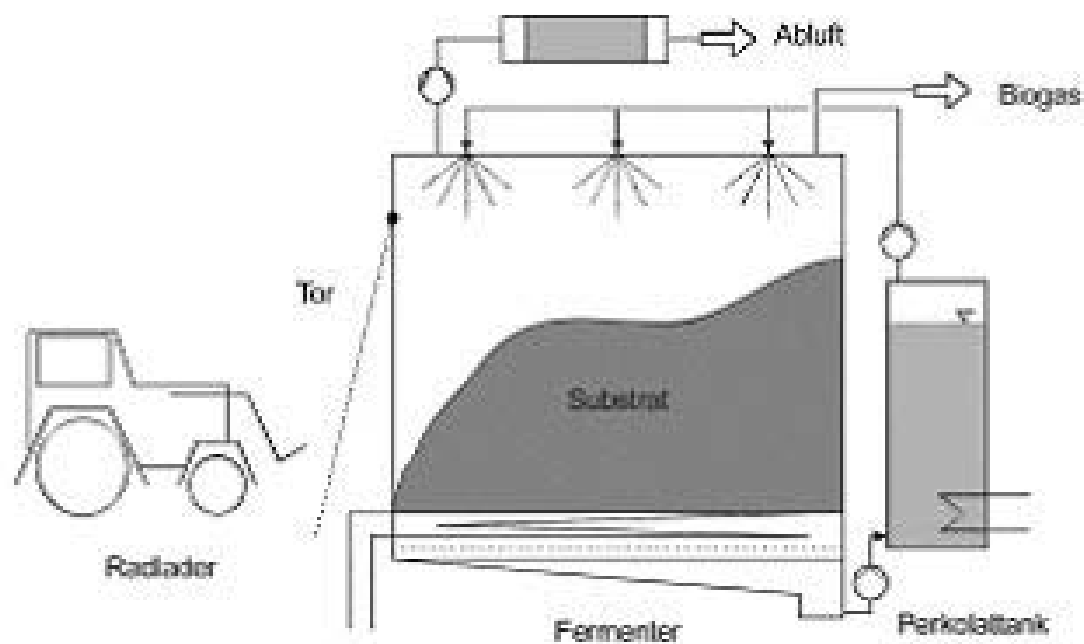


Abb. 3: Schema eines Boxenfermenters. www.fnr.de

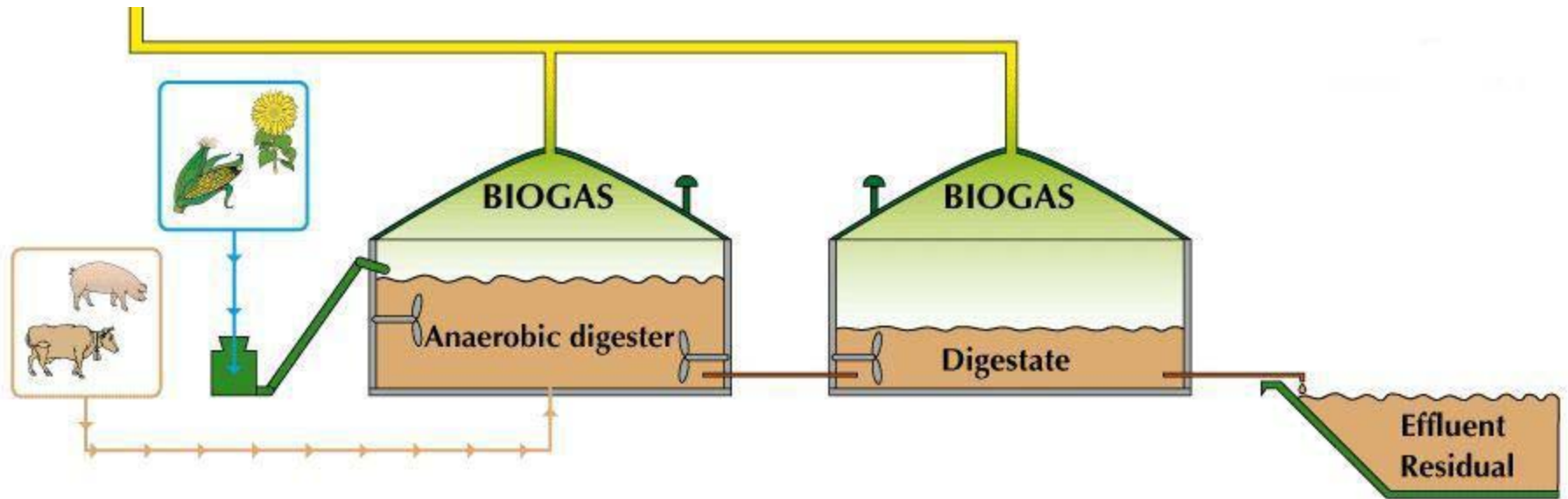


Abb. 4: Schema einer Flüssigvermentations-Anlage. Verändert nach www.mta-it.com

Flüssigvergärung	Feststoffvergärung
feuchte Biomassen	(feuchte) Biomassen
hoher Eigenenergiebedarf durch Pumpen und Rührgeräte	geringer Energiebedarf, nur wenig Pumpbedarf
komplexe Fördertechnik für Ein- und Austrag	mit Radlader be- und endladbar
Biomasse muss pumpfähig sein	Biomasse muss stapelbar sein
Biomasse muss auf wenige cm (1-3) zerkleinert sein	Biomasse muss "grob" zerkleinert sein (4-15 cm)

Flüssigvergärung	Feststoffvergärung
feuchte Biomassen	(feuchte) Biomassen
hoher Eigenenergiebedarf durch Pumpen und Rührgeräte	geringer Energiebedarf, nur wenig Pumpbedarf
komplexe Fördertechnik für Ein- und Austrag	mit Radlader be- und endladbar
Biomasse muss pumpfähig sein	Biomasse muss stapelbar sein
Biomasse muss auf wenige cm (1-3) zerkleinert sein	Biomasse muss "grob" zerkleinert sein (4-15 cm)

Praxisbetrieb

Beide Verfahren grundlegend geeignet für die Verwertung von Lapfma

Zur Zeit mehrere Feststoffvergärungs-Anlagen in D., die mit Lapfma betrieben werden (Harpstedt, Delbrück, ...)

Einige Flüssigvergärungs-Anlagen verwenden Lapfma als Co-Substrat

Erhebung von Daten zur Vergärung von Lapfma oftmals schwierig, vor allem bei Flüssigvergärungs-Anlagen

Gärreste

Die Gärreste* werden teils auf Ackerflächen als Dünger ausgebracht, teils bei Kompostwerken abgegeben

-> da zum Teil der C-Gehalt der Gärreste recht hoch ist, „verbirgt“ sich hier weiteres energetisches Potential.

Gleichzeitig werden bspw. Antibiotika nicht zerstört bzw. aufs Feld gebracht!

-> Frage der weiteren **energetischen Nutzung des C-Energiepotentials!**

-> Frage des Umgangs mit Antibiotika!

*Rückstand, der nicht weiter (wirtschaftlich) vergoren werden kann – „Abfall“

Pyrolyse

Ziel des Verfahrens:

Herstellung von **(Bio-) Kohle**, Teeröl und Pyrolysegas

Geeignet für: holzige und trockene Biomassen, z.B. Strauchschnitt (Lapfma), Holzabfälle,

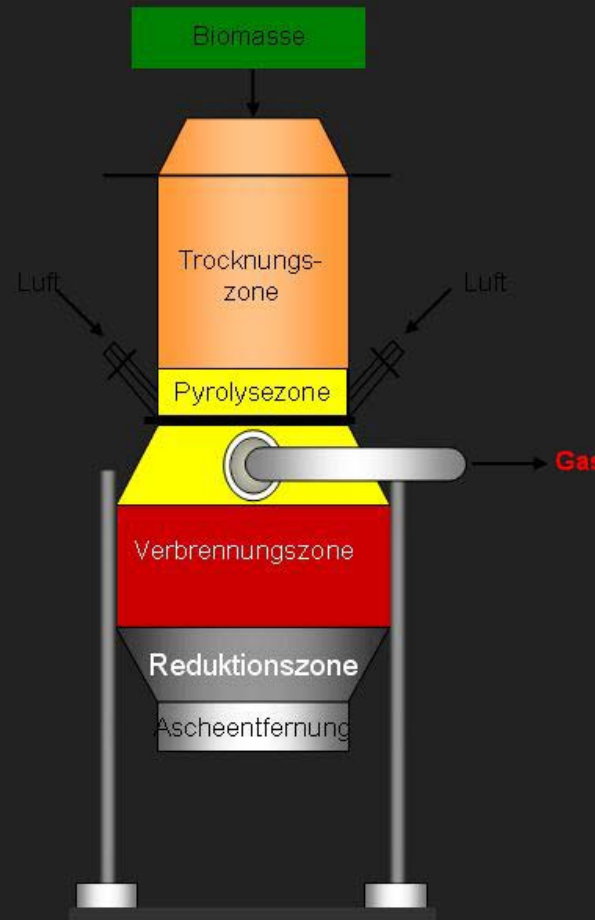
Bei der Pyrolyse wird Biomasse unter hohen Temperaturen (500-900°C) (und unter Sauerstoffausschluß) zu Kohle „veredelt“ bzw. es entsteht ein Synthesegas

Produkte: Synthesegas → Stromerzeugung
(Bio-) Kohle

Bei der Pyrolyse (500-900°C) (und unter Sauerstoffmangel) entsteht ein Synthesgas

Produkte: Synthesgas (Bio-)

Temperaturen (500-900°C) "erhitzt" bzw. es



Schema: Phasen der Pyrolyse in einem Pyrolysereaktor

Abb.5: Schema Pyrolyseanlage. Verändert nach www.novis.de

Bei der Pyrolyse wird Biomasse unter hohen Temperaturen (500-900°C) (und unter Sauerstoffausschluß) zu Kohle „veredelt“ bzw. es entsteht ein Synthesegas

Produkte: Synthesegas → Stromerzeugung
(Bio-) Kohle

Verfahren wurde primär zur Herstellung von Synthesegas entwickelt. In den letzten Jahren immer mehr im Fokus zur Produktion von (Bio-) Kohle für die Anwendung in Böden

Die (Bio-) Kohle kann weiter thermisch genutzt oder als Bodenhilfsstoff,
Stichwort „**Terra Preta**“, verwendet werden

Exkurs „Terra Preta“

Exkurs „Terra Preta“

- Humusreiche, fruchtbare, vom Menschen geschaffene „Schwarzerde“
- Auftreten v.a. in Amazonien
- Tonscherben, Knochen, Muscheln, vermengt mit Holzkohle
- Anhaltende Fruchtbarkeit über mehrere Jahrzehnte



Ferralsol



Terra Preta

Abb. 6: Terra Preta. Vortrag Biochar: C-Einlagerung in Ackerböden. Dr. Bruno Glaser, Abteilung Bodenphysik, Universität Bayreuth

Nachahmung von Terra Preta

- Bodenverbesserung: Wasserspeicherfähigkeit, verbessert Ionenaustausch
- Kohlenstoff in großen Mengen langfristig einlagern
- CO₂-Handel

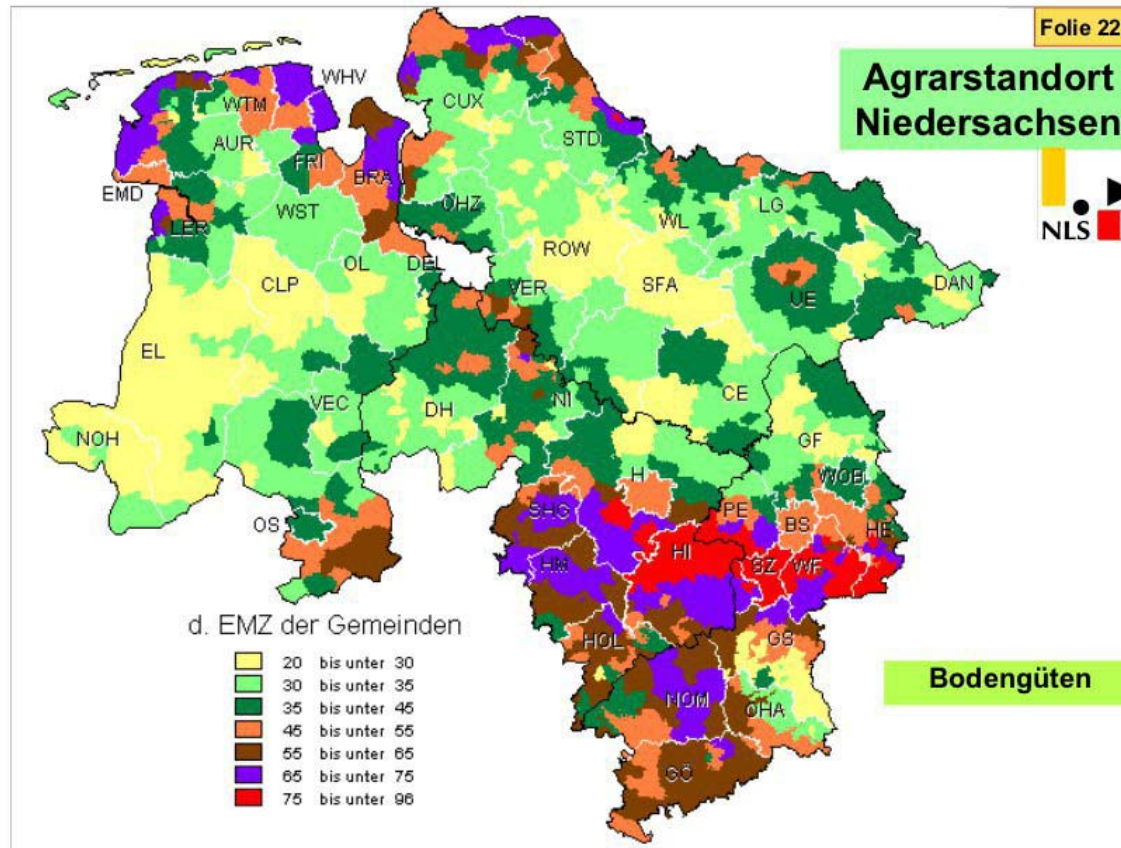
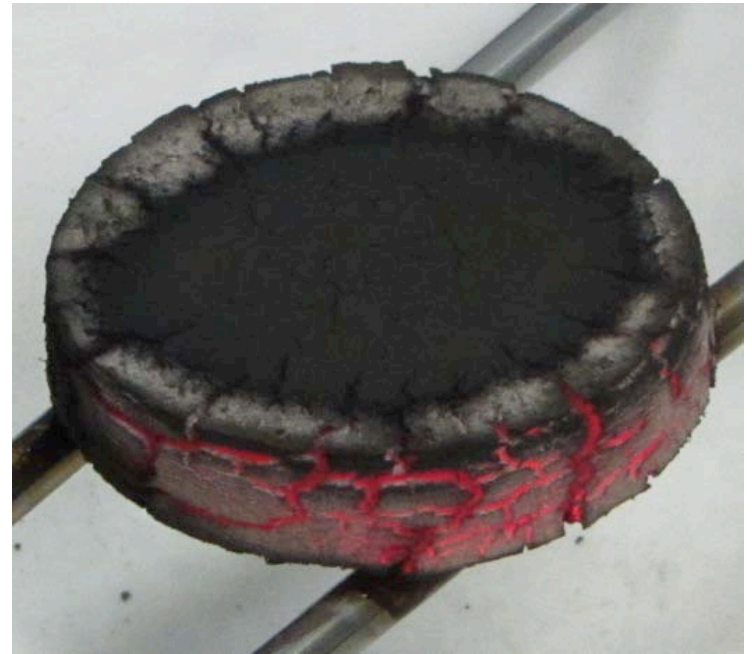
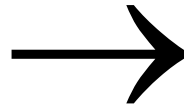


Abb. 7: Bodengüten in Niedersachsen. Keckl, G., Niedersächsisches Landesamt für Statistik, Erntestatistik:
<http://www.nls.niedersachsen.de/Tabellen/Landwirtschaft/internetseite2002/hochschulen.pdf>

Eigenschaften der Pyrolyse-Kohle als Bodenhilfsstoff

- Biostabilität: Jahrhunderte bis mehrere Jahrtausende (CO₂-Senke)
- Umwandlung von rund 30% des C der Biomasse in Kohle (der meiste C-Anteil wird für die Prozesswärme benötigt)
- gute Wasserhaltekapazität
- gutes Nährstoffbindevermögen

Hydrothermale Carbonisierung (HTC)



Ziel des Verfahrens:

Herstellung von **(Bio-) Kohle** und Nutzung der Exothermie

Geeignet für: feuchte Biomassen, z.B. Grasschnitt, Lapfma, Laub, Klärschlamm, Gärreste aus Biogasanlagen (und damit auch Antibiotika).....

Hydro



was mit Wasser

thermale



Wärme

Carbonisierung



Verkohlung/Kohlenstoffanreicherung

Bei der HTC wird Biomasse unter Druck (18-28 bar), Temperatur (190-250 °C), Zeit und mögl. Katalysator (z.B. Fe) zu Kohle „veredelt“

Biomasse → Wasser + Kohle + Wärme
C ≈ 45% → C > 60 % (Karbonisierung)
→ H und O werden abgespalten, C wird
angereichert

- Prozess leicht exotherm
- Im wässrigen Milieu, pH um 5, BM-Wasserverhältnis 1:2
- der natürliche Entkohlungsprozess, zeitlich beschleunigt
- erstmals 1920 erforscht, 2006 wiederentdeckt



Abb. 8: HTC-Anlage der AVA CO2. www.ithaka-journal.net

Verwendung der Kohle

- Bodenhilfsstoff (Terra Preta)
- Alternative für CCS (Carbon Capture and Storage)
- Thermische Nutzung
- C-Brennstoffzelle: Wirkungsgrad über 60%
- Nanopartikel
-

- Verfahren der HTC noch in der Entwicklung
- Prozess der Umwandlung von Biomasse in Kohle nur teilweise verstanden
- Exothermie bereitet Probleme, da geringer als erwartet
- HTC-Kohle als Bodenverbesserer hat bis jetzt schlecht abgeschnitten, pflanzentoxische Verbindungen in der Kohle werden vermutet. Aspekte jedoch kaum untersucht.

Eigenschaften der HTC-Kohle als Bodenhilfsstoff

- Biostabilität: wenige Jahre (-zehnte) bis Jahrhunderte (CO₂-Senke) (hängt vermutlich von vielen Prozessparametern ab)
- Umwandlung von fast 100% des C der Biomasse in Kohle (geringen Menge an CO₂ entsteht)
- Pflanzenwachstumshemmende Stoffe?
- Wasserhaltekapazität?
- Nährstoffbindevermögen?

Vergleich HTC-Kohle \longleftrightarrow **Pyrolyse-Kohle**

HTC	Pyrolyse
feuchte/nasse Biomassen	trockene, holzige Biomassen
Produkte: Kohle, (Wärme)	Produkte: Synthesegas, Kohle
Umwandlung von fast 100% des C in Kohle	Umwandlung von max. 30% des C in Kohle
Biostabilität der Kohle ungewiss	Biostabilität mehrere Jahrtausende
Hemmung des Pflanzenwachstums	nicht bekannt!
Verfahren in der Entwicklung	Verfahren ausgereifter als HTC

Vergleich HTC-Kohle ↔ Pyrolyse-Kohle

	HTC	Pyrolyse
	feuchte/nasse Biomassen	trockene, holzige Biomassen
	Produkte: Kohlendioxid, Wasser (Wärme)	Produkte: Synthesegas, Kohle
	Umwandlung von fast 100% des C in Kohle	Umwandlung von max. 30% C in Kohle
	Biostabilität der Kohle ungewiss	Biostabilität mehrere Jahrzehende
	Hemmung des Pflanzenwachstums	nicht bekannt
	Verfahren in der Entwicklung	Verfahren ausgereifter als HTC

Verfahren keine Konkurrenten!

3 Das HTC-Projekt

Das Projekt „**HTC in Niedersachsen**“ *

- Verbundprojekt von 5 niedersächsischen Hochschulen
- diverse klein- und mittelständige Unternehmen, Kommunen
- Fond EU-EFRE
- Finanzvolumen 2,3 Mio €
- Laufzeit: April 2011 bis Oktober 2014

Ziel des Projektes:

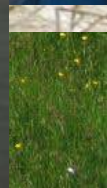
Verstehen des Prozesses vom Anfang bis zum Ende. Chemische und physikalische Vorgänge, Anlagentechnik, Eignung von (kontaminierten) Biomassen, Ökobilanzen,

Bezug des HTC-Projekts zum Thema Grünland

Nutzung von Lapfma von Hoch- und Niedermoorgrünländern aus dem Raum Oldenburg und Papenburg für HTC-Versuche

- Moorplacken
- Haarenniederung (hinter dem Uni-Gelände)
- Bornhorster Huntewiesen

Verschiedene Aufwüchsen werden carbonisiert und analysiert, um zu ermitteln, ob untersch. Aufwüchse untersch. Kohlen ergeben



Zusammenfassung

- Viele Bioenergie-Verfahren auf dem Markt
- Verfahren teilw. auf Biomassen zugeschnitten, keine Konkurrenten!
- Bei HTC: Toxizität und Biostabilität müssen geklärt werden
- Steigerung der Attraktivität von Grünlandnutzung für Bioenergie und Nebenerwerb für Landwirte?!

Ausblick

- Können die Ausgaben für die Landschaftspflege gedeckt werden durch die Nutzung von Lapfma in der Bioenergie?
- Ergänzung der Verfahren Biogas und HTC
- „Designern“ von HTC-Kohle als Bodenhilfsstoff!?
- Rechtliche Rahmenbedingungen für die Nutzung von HTC-Kohle als Bodenhilfsstoff müssen geklärt werden

Quellen

Carius (2009): Grünlandmanagement und Biogaserzeugung am Beispiel „Mittleres Delmetal“. Powerpointpräsentation.

Kaltschmitt, M.; Hartmann, H. (2001): Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren. Berlin, Heidelberg. Springer Verlag.

Kammann, C.; Kühnel, Y.; von Bredow, C.; Gößling, J. (2010): C-Sequestrierungspotential und Eignung von Torfersatzstoffen, hergestellt aus Produkten der Landschaftspflege und Biochar. Abschlussbericht. Uni Giessen.

Gajić, A.; Koch, H.-J.; Märländer, B. (2010): HTC-Biokohle als Bodenverbesserer – Erste Ergebnisse aus einem Feldversuch mit Zuckerrüben. Göttinger Zuckerrüben Tagung 2011, Seite 791-799.