

# “Pflanzenkohle durch hydrothermale Carbonisierung: ein neues Verfahren zur CO<sub>2</sub> Bindung und effektiven Energiegewinnung”

---

Markus Antonietti

Max Planck Institute of Colloids and Interfaces

Research Campus Golm, D-14424 Potsdam



# Das “CO<sub>2</sub>-Problem” aus der Sicht des Chemiker

- Welt Öl Produktion 4 km<sup>3</sup>
  - jetziger Wert 2.5 Trillion US \$ / 1.5 Billionen Euro
  - das Geld geht größtenteils in politisch instabile Systeme
  - Verbrennung von Öl erzeugt 15 GT CO<sub>2</sub> pro Jahr  
-- > Klimawandel
  - “Welt-Biomasseproduktion” 120 km<sup>3</sup> /Jahr
  - 6,7 % sind genug, um fossile CO<sub>2</sub> Erzeugung zu komp.
  - 11 % der Biomasse sind bereits “landwirtschaftlich”
- “Persönlicher” Fussabdruck: ca 2- 3 tonnen

# Hydrothermale Carbonisierung ?

Eine Technik, Zucker und Biomasse

- in Monomere
- in Polymere
- in Schwarzboden / Torf / Braunkohle / Kohlenstoffprodukte  
zu verwandeln
- alles in Wasser...

# Eine kleine Geschichte der HTC

1544 Valerius Cordus

1592 Balthasar Klein

1913 Friedrich Bergius

beschrieb schon die Elementarschritte  
der hydrothermalen Carbonisierung

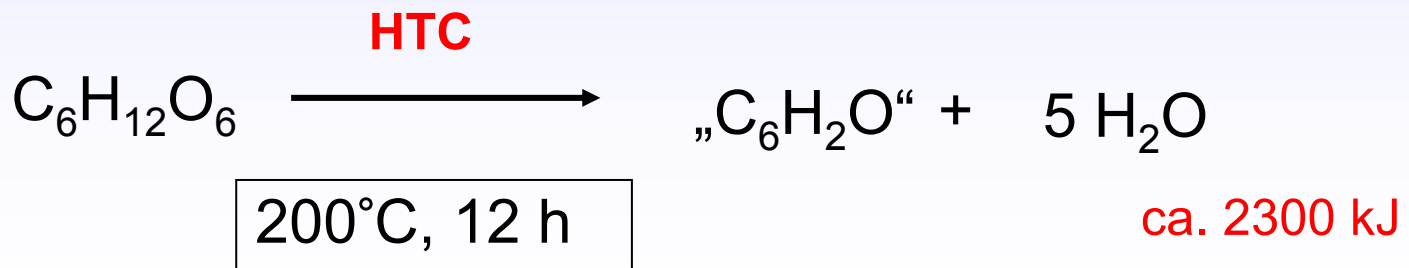
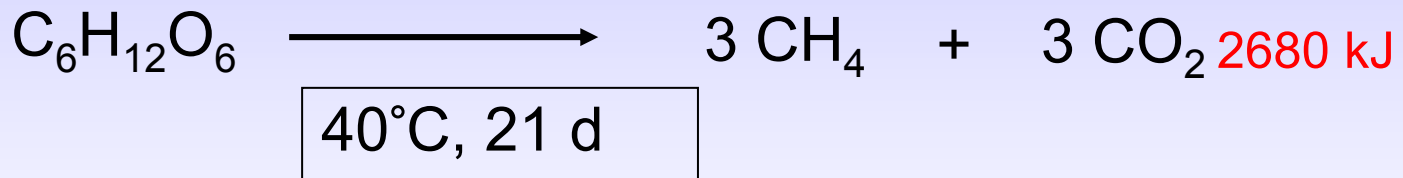
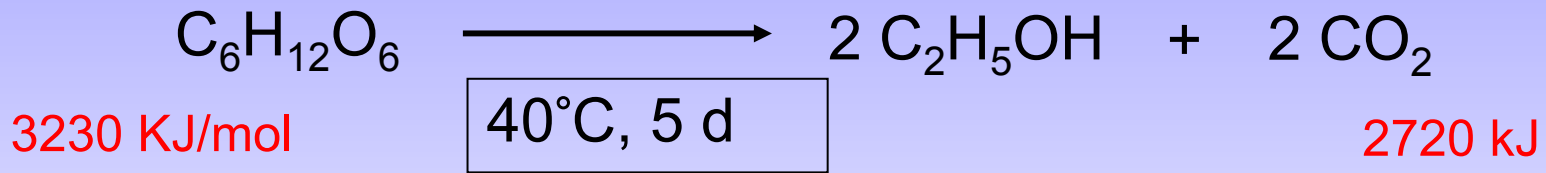
# HTC II

Funktioniert durch Wasserabspaltung aus Kohlehydraten

- bei 180 °C – 200 °C
- für 4 – 16 h's
- $C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_6H_6O_3 + 3 H_2O \rightarrow C_6H_2O + 5 H_2O$
- billig ( ca. 0.30 €/kg für Zucker / 70 € /ton Bioabfall)
- Führt zu nützlichen Nanostrukturen
- Mit nützlicher Oberflächenchemie

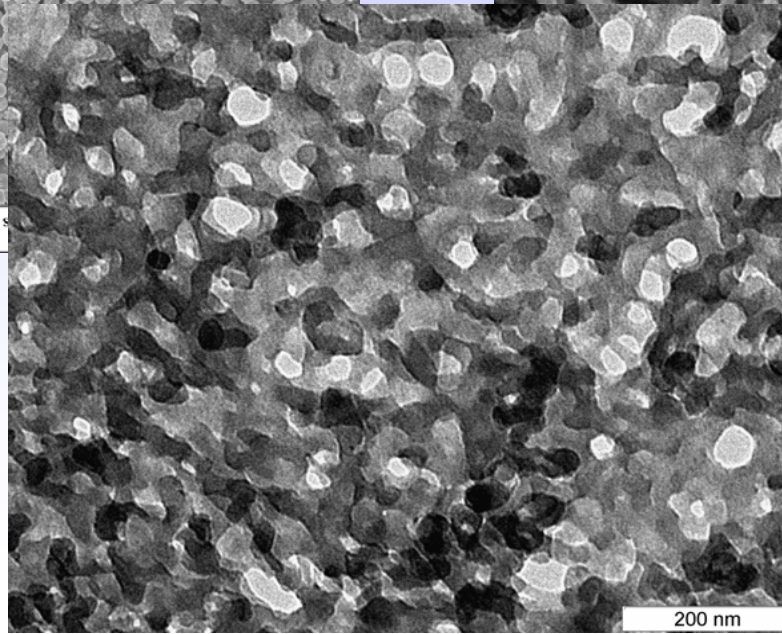
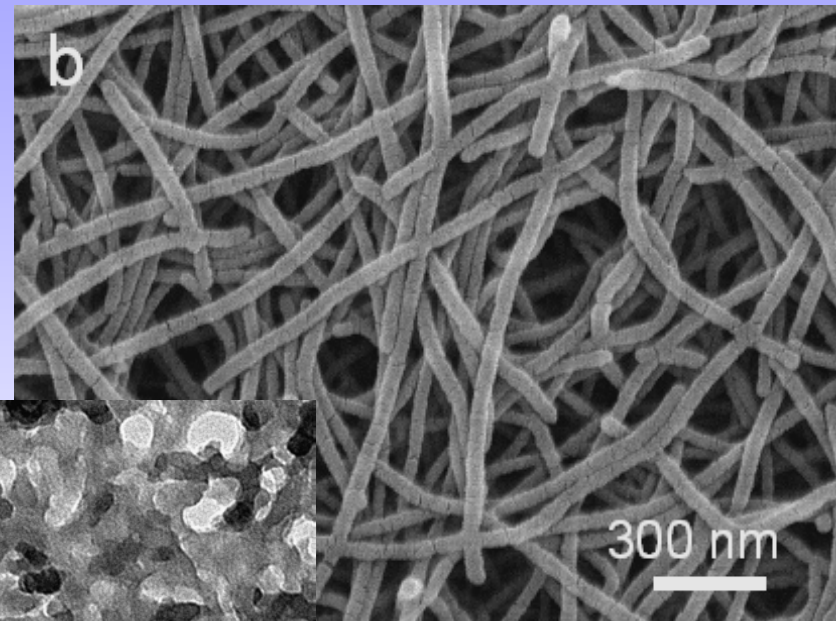
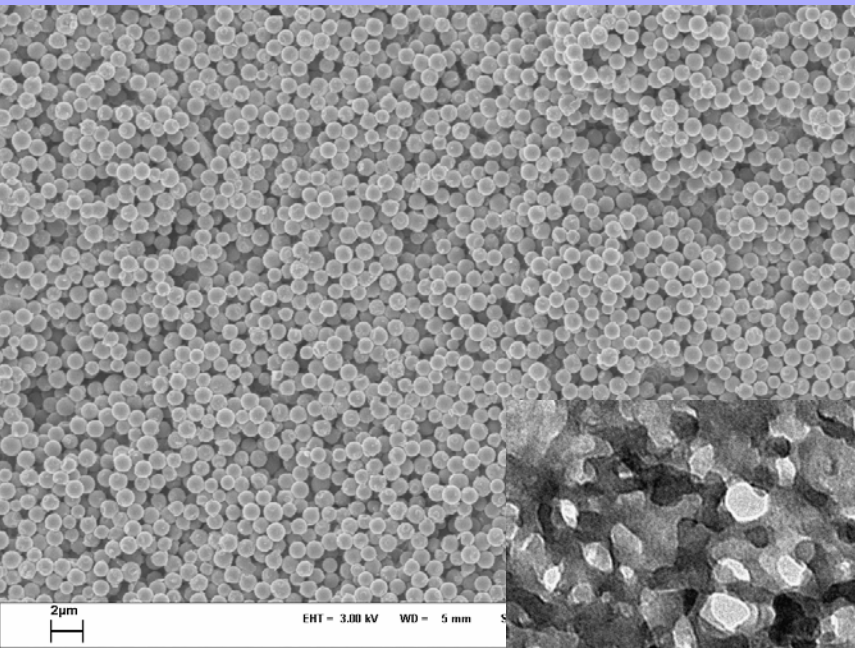


# Hydrothermale Carbonisierung : ein exothermer Prozess mit $CE = 1$



# MS: Carbonaceous structures to be made:

(all from glucose/starch/biomass)



# Zucker/ Biomasse ?

- **Zucker/Stärke ist nachhaltig, aber Nahrung..**

geschätzter Preis für C-produkte 0.5 €/kg, das ist deutlich unterhalb der Petrochemie/ Ruße

- **Geht das auch mit Abfall-Biomasse ?**

→ dann: 0.05 – 0.1 €/kg

**Anwendungen:**

**Strassenbelag, Beton, Bodenverbesserung**



# Was für Biomasse ?

Agrarindustrielle Bioabfälle :

Zuckerrüben (5Mt)

Rapsstroh (20 Mt),

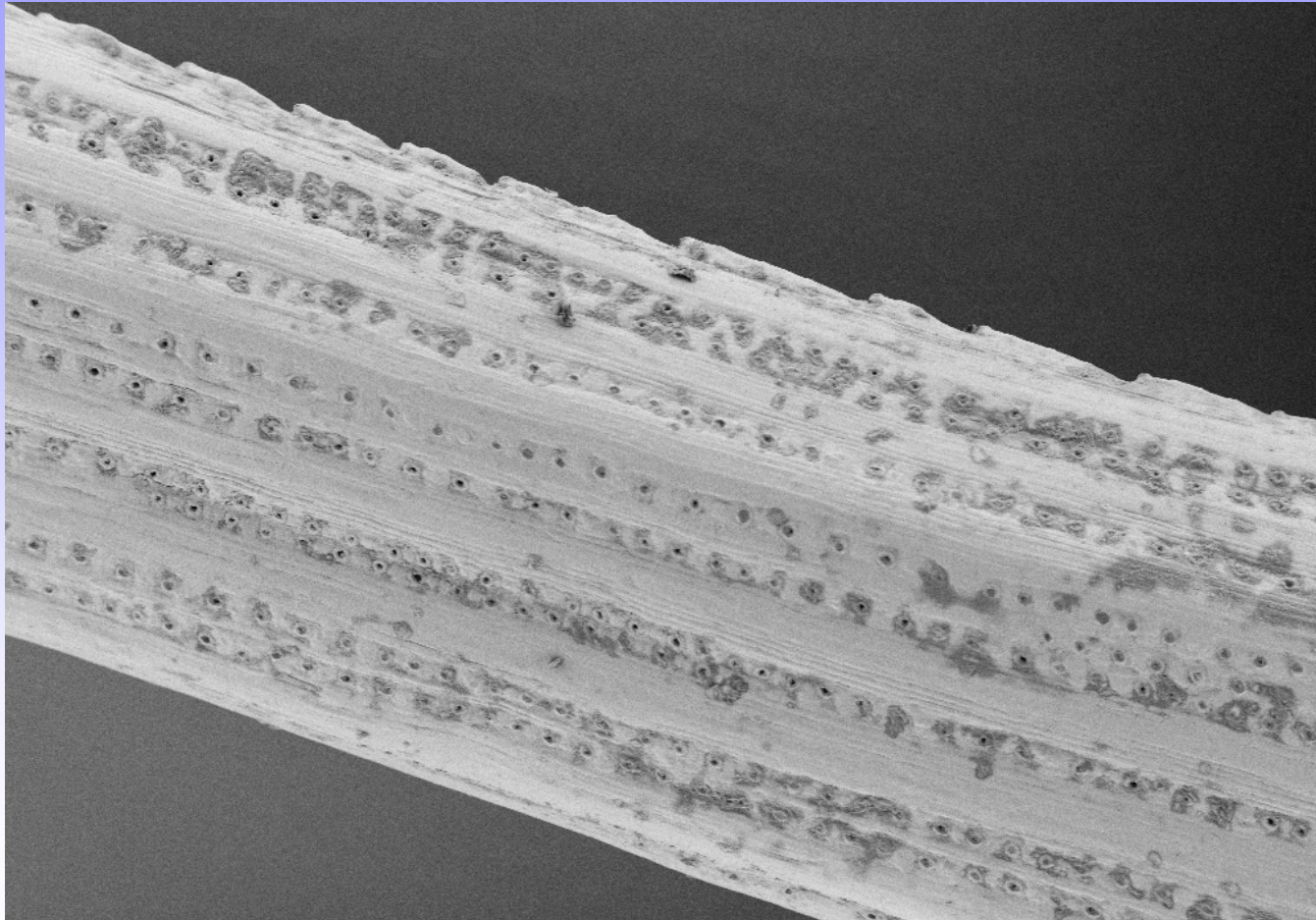
Klärschlamm, Faulschlamm (10 Mt),

Orangenschalen (2Mt)

→ Kostenschätzung 50 – 100 €/Tonne

→ selbst ein Industrieland wie Deutschland  
kann durch seine Landwirtschaft 25 %  
seiner CO<sub>2</sub> Produktion kompensieren !!!

# Kiefernnaedeln vor der HTC

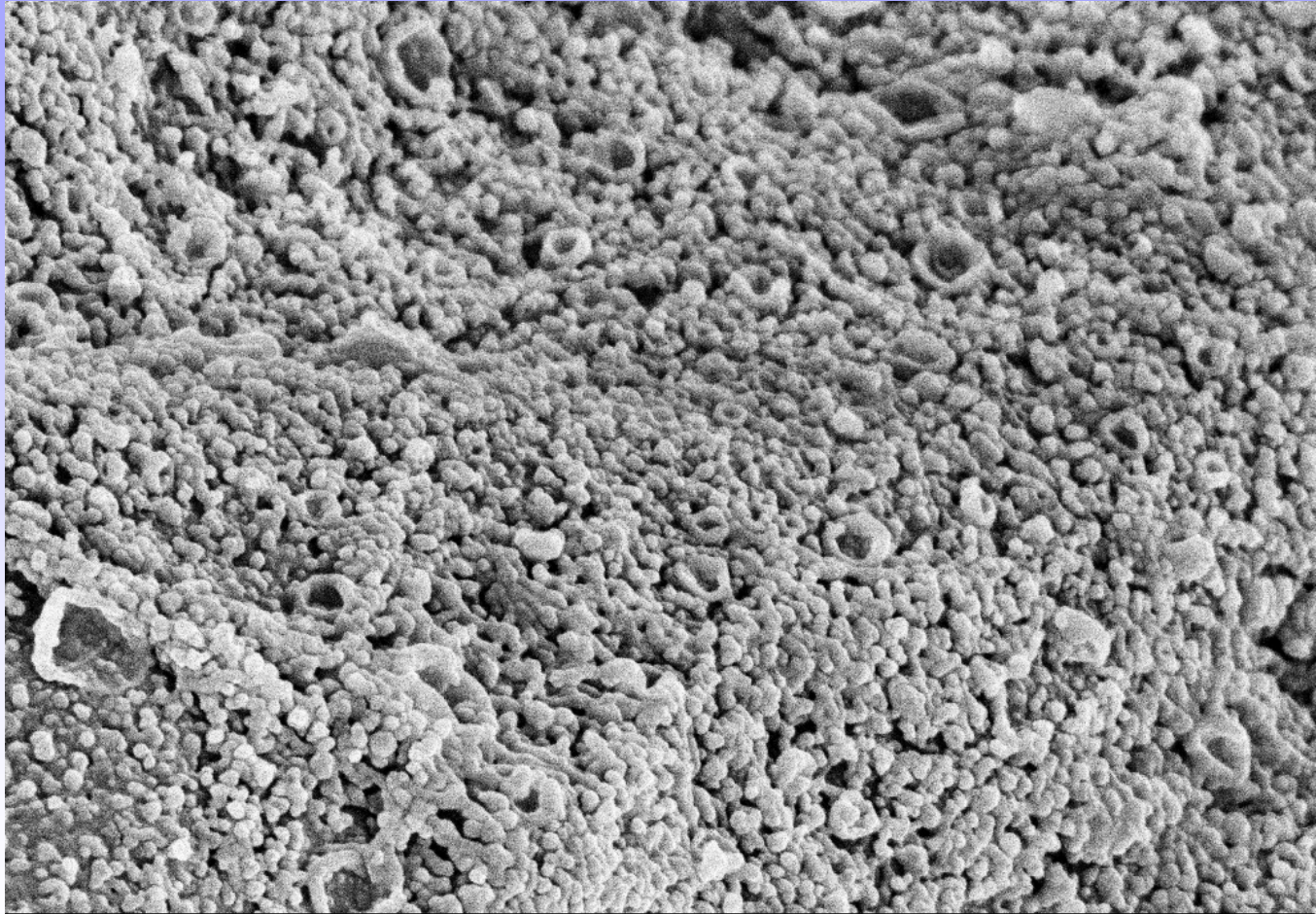


100µm  
|  
|

EHT = 3.00 kV WD = 5 mm Signal A = SE2

Date :21 Apr 2006

# Kiefernnaedeln nach HTC



200nm



EHT = 3.00 kV

WD = 5 mm

Signal A = InLens

Date :10 Apr 2006

# Zusammensetzung Kohle

- Landwirtschaftliche Biomasse (Sachsen)

64 – 69 % C, 2 – 5.5 % N, 0.2 – 0.6 % S

$$\Delta H_{\text{verb}} = 29 \text{ MJ/kg}$$

- Bioethanol-Reste /Hefekuchen

72 % C, 1 % (4%) Asche, 0.3 % (0.6%) S, 4.6 % N,

$$\Delta H_{\text{verb}} = 31 - 34 \text{ MJ/kg}$$

- Grüne Tonne /Lippe

1,1 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,2 % K<sub>2</sub>O, 0.4 % MgO, 0.005 % NH<sub>4</sub>,

$$\Delta H_{\text{verb}} = 29 \text{ MJ/kg}$$

keine Aromaten !!!

# Zusammensetzung Wasserphase

- Bioethanol-Reste /Hefekuchen

7,5 % Trockenmasse / dry mass

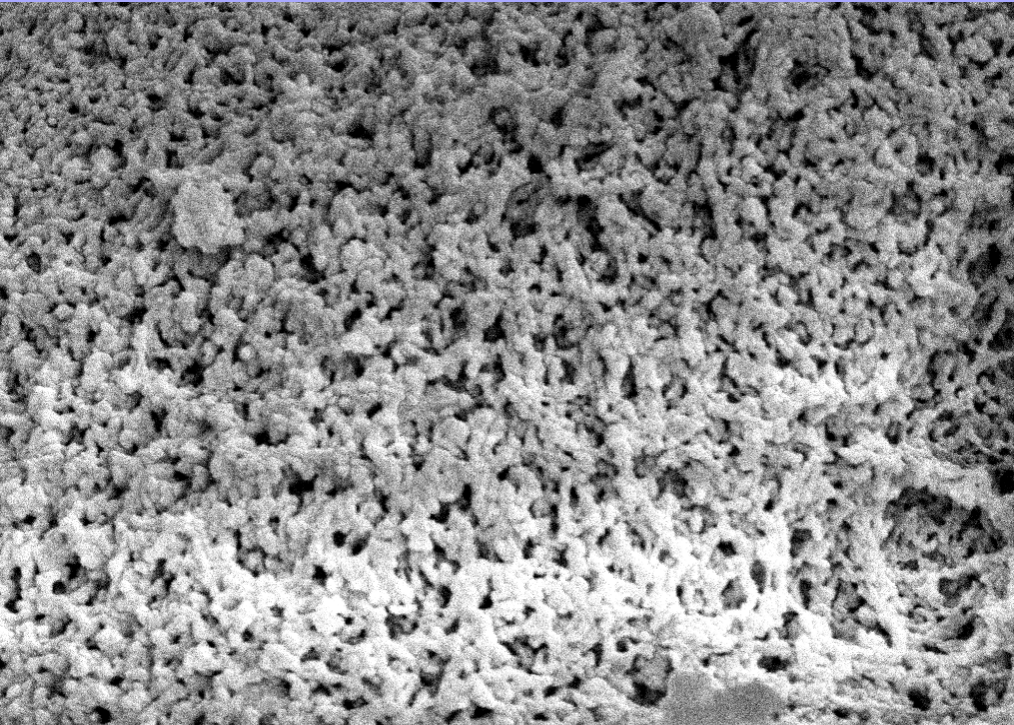
6.1 % „löslicher Kohlenstoff“, soluble carbon

0.26 % K

0.14 % S

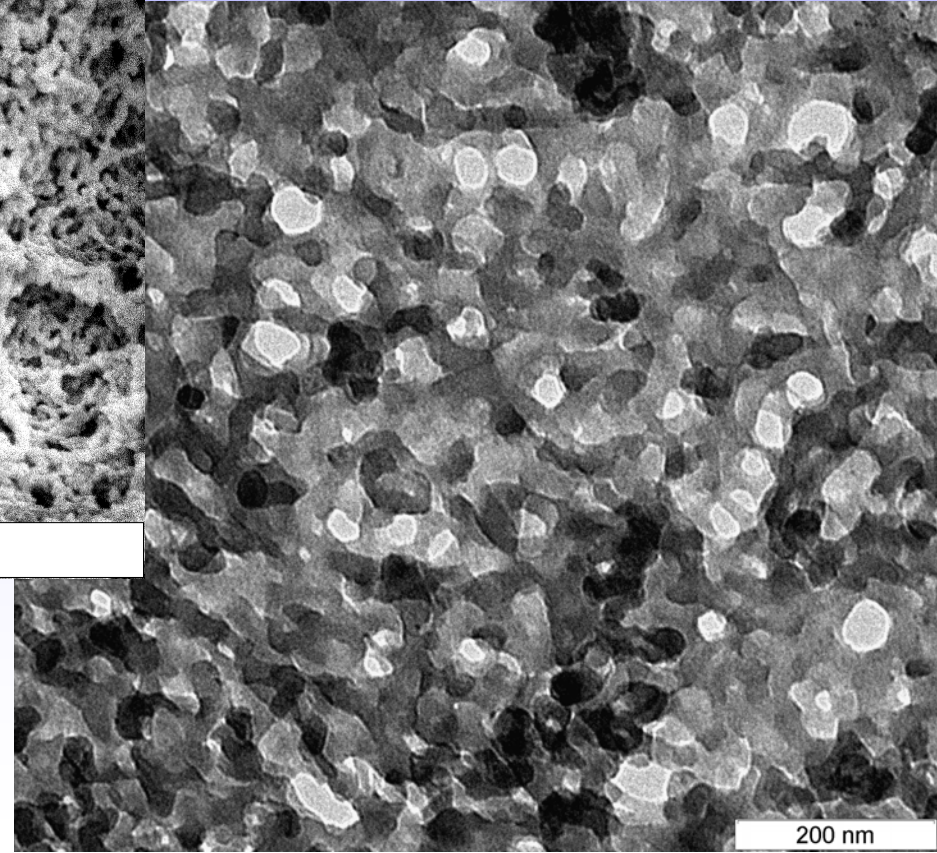
0.15 % P

# Herstellung von „Kohlenstoff - Schwämmchen“



200nm  
|  
|

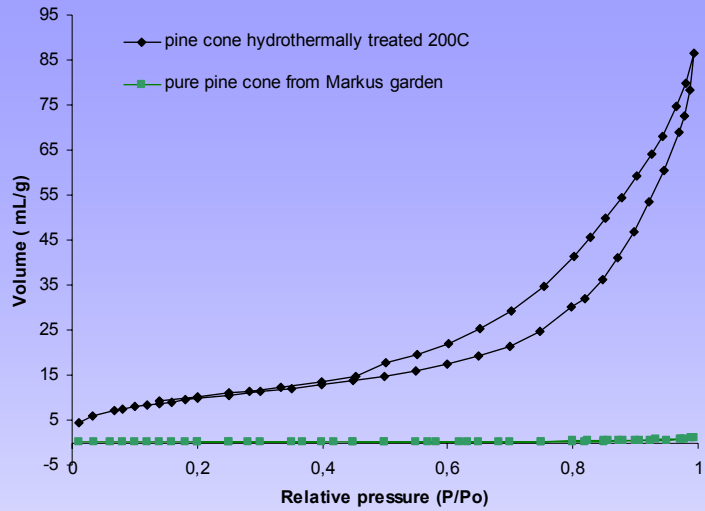
EHT = 3.00 kV WD = 7 mm Signal A = InLens Date :21 Apr 2006



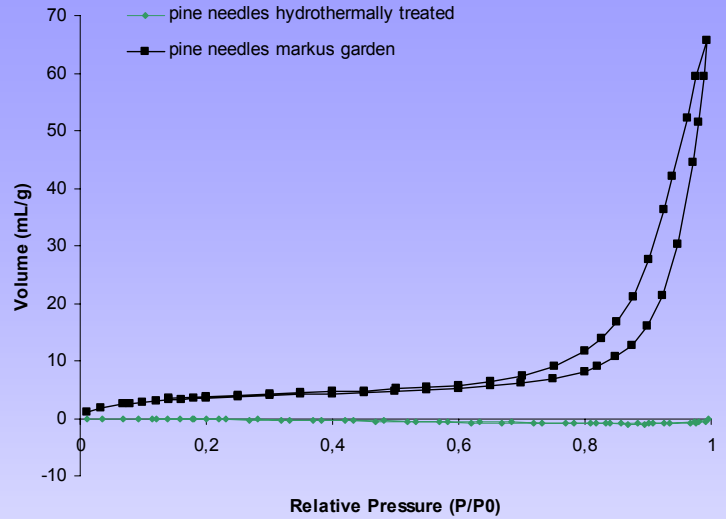
200 nm

Ganz klein: keine Erinnerung  
an die Bio-Textur

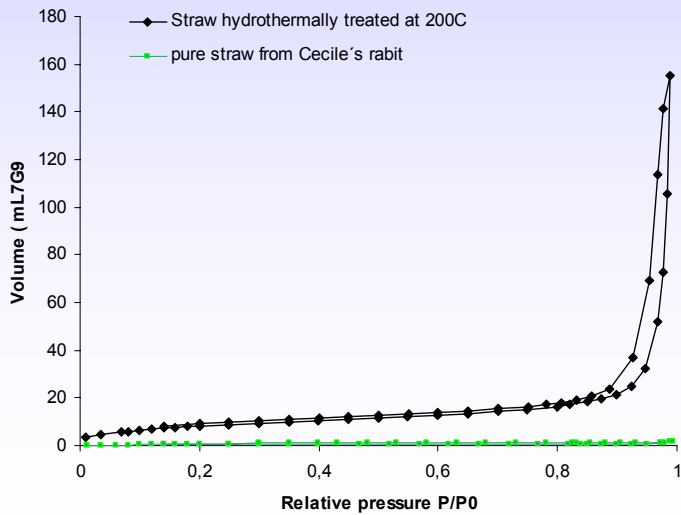
### Pine Cone



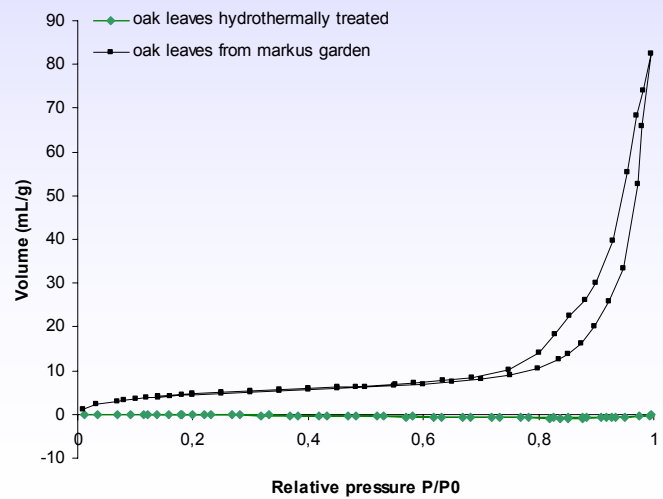
### Pine Needles



### Straw

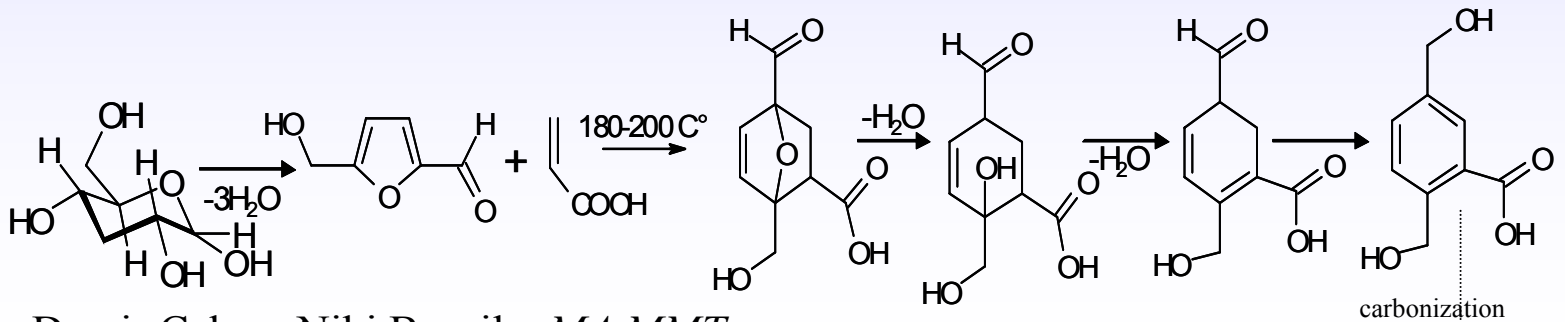
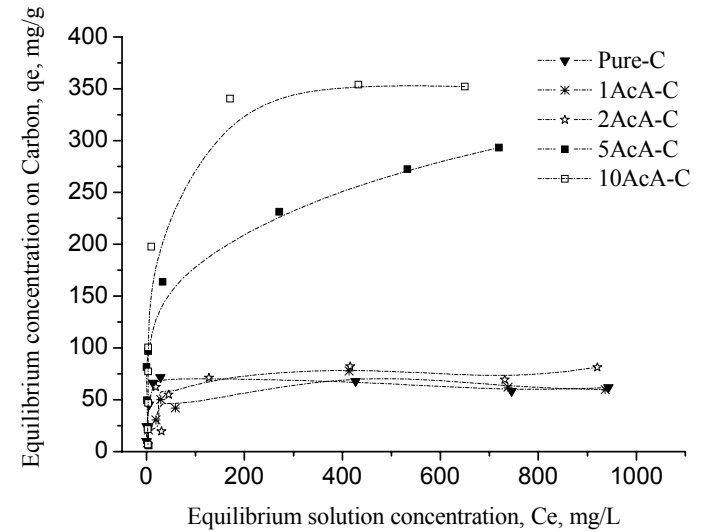
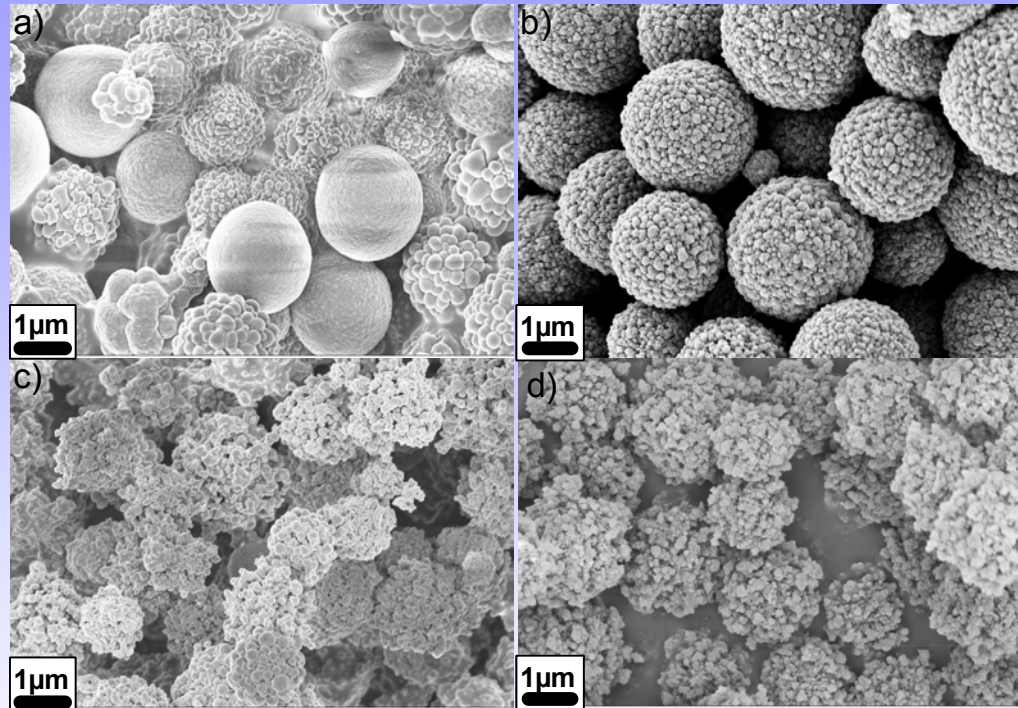


### Oak tree leaves



# What type of Carbon : It is in your hands....

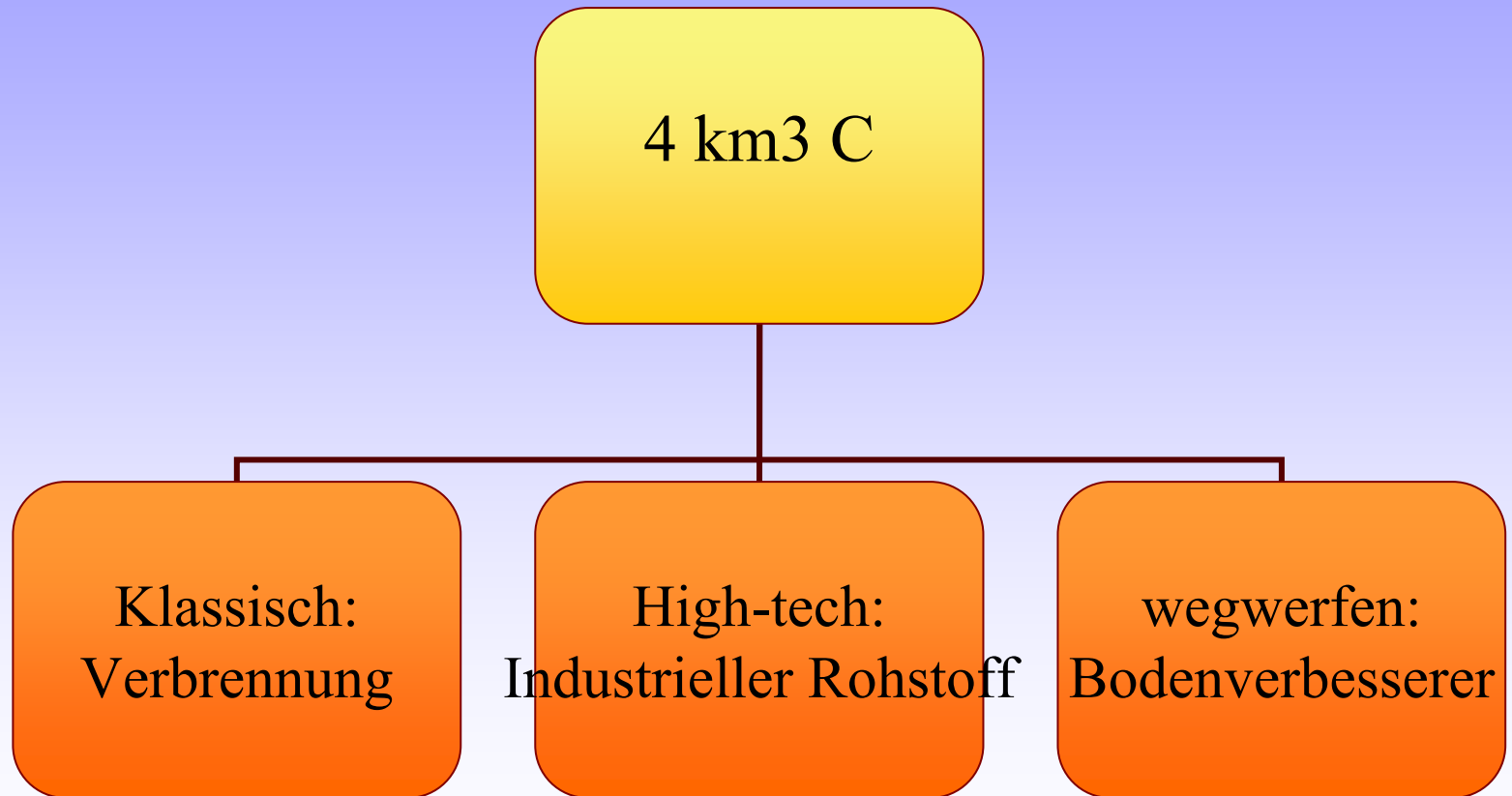
## Here::Chimaira technology



Rezan Demir Cakan, Niki Baccile, MA, MMT



# Was tun mit so viel Kohlenstoff ?



# „Terra Preta“



Thanks to Dr. agr. Haiko Pieplow

## Jenseits der Chemie:

Was man noch mit so viel Kohlenstoff tun kann:

→ wegwerfen !! (and so eine Kohlenstoff-Senke erzeugen)

“terra preta dos indios” erzeugt Fruchtbarkeit (e.g.: Johannes Lehmann)

- Wert der CO<sub>2</sub> Entsorgung: 20 -70 \$ /t (Intergov. Panel of Climate Change), im Moment 20 \$/ t europäischen CO<sub>2</sub> Börse

→ 70 \$/t Carbon

## Eine „mutige“ Vision:

- (Hydrothermale) Karbonisierung und „Terra Preta“ als ein aktives Element des CO<sub>2</sub>-Zyklus
- Fruchtbarkeit und „ biologischer Mehrwert“
- Daneben: Carbon materials und Treibstoffe
- 2 Millionen Maschinen in einer dezentralen Weise  
(5000 T Humus/year, 1 /10 km<sup>2</sup>)
- Wohl neben Kläranlagen und Reststoffhöfen
- Klima Management anstelle von Klima-Verbrauch

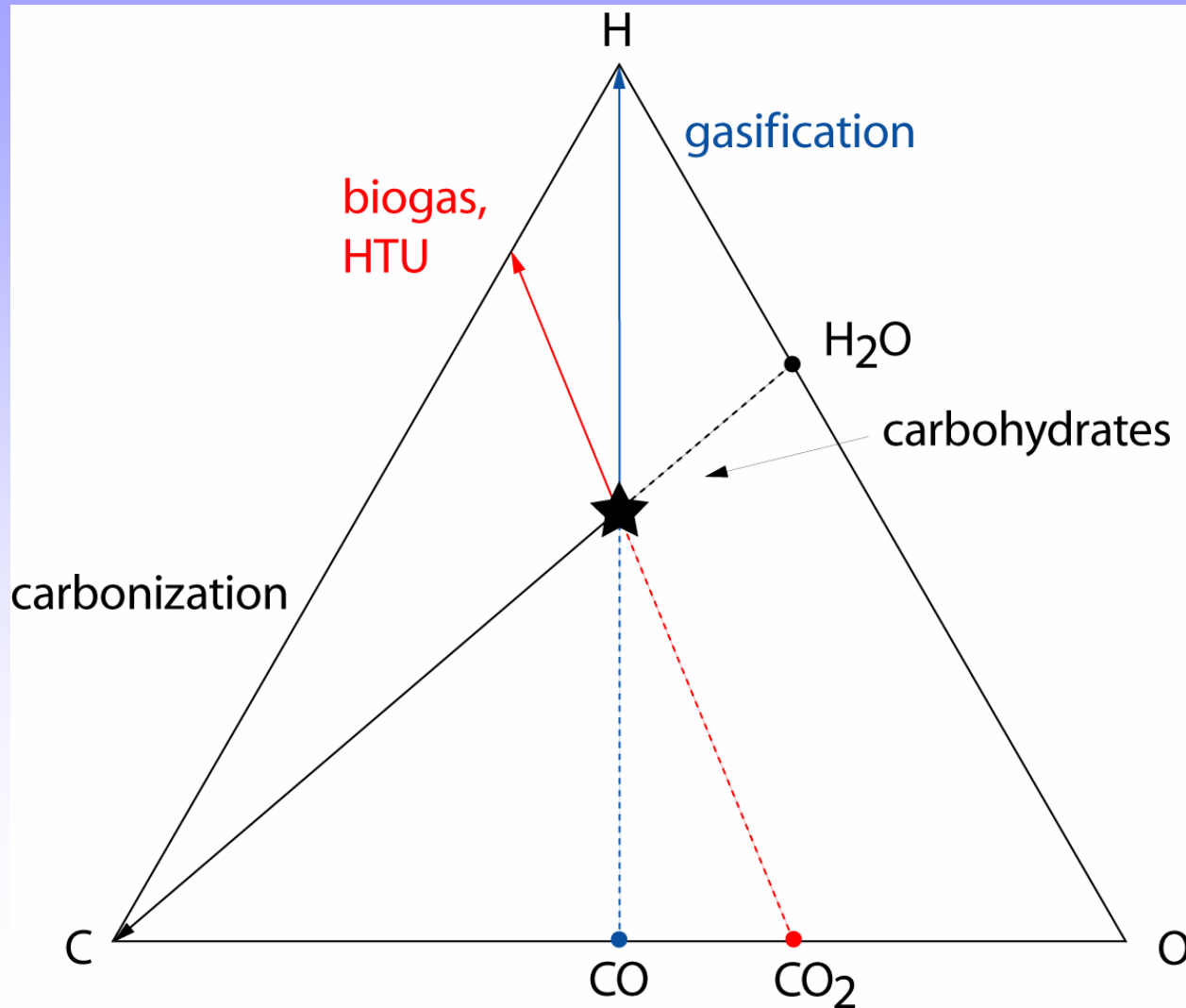
# Zusammenfassung

## Hydrothermale Carbonisierung

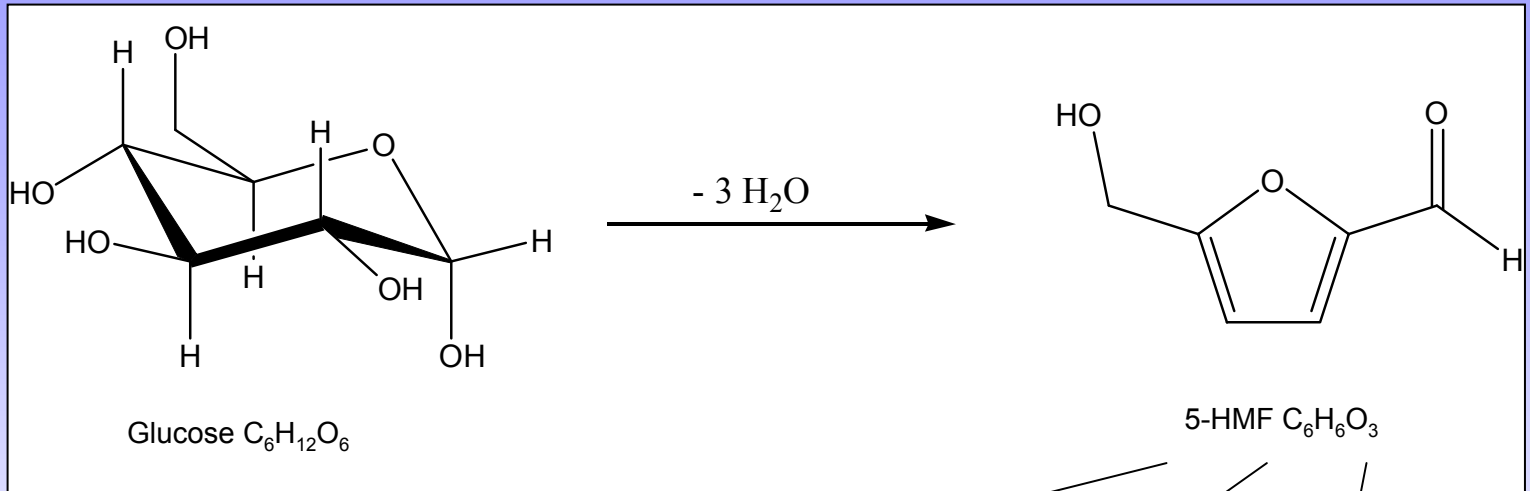
- gut für Abfall Biomasse
- Kohlenstoff Nanostrukturen mit interessanter Oberflächenfunktionalität
- Chemie noch viel Potential...
- einfache und preiswerte “Verdichtungstechnologie”, mit der sich zumindest große Teile des CO<sub>2</sub> - Klimaproblems behandeln lassen

Wir können „Negativ“ denken !

# Vergleich der HTC mit anderen Biomasse-zu-Energie-Umwandlungstechniken



# „Lawinen“ Modell der Reaktionsfolge



Diels-Alder reactions  
towards Phenols

Disproportionation/Polymerization  
towards polyfuranes

Carbonyl Shift/ Polymerization  
towards polyaldehydes



# Business Options / Geschäftsmöglichkeiten

➤ Brennkohle / Kohlepellets/Chemie 180 – 260 Euro/t

➤ Grillkohle /BBQ

➤ Bodenverbesserer /Huminstoffe 250 – 500 Euro/t

➤ Kohle als chemischer Grundstoff (S, N, K, P....)

z.. für BtL, carbothermale Reduktion etc..

➤ Dünger, Rohstoffe 500 Euro/t

➤ Sorptionskohle zur Reinigung 500 – 1000 Euro /t

➤ Gebäudeisolierung 2000 Euro/t

➤ Betonzuschläge, Strassenbelag 500 – 1000 Euro/t

Markt: ca.  $200 \times 10^9$  Euro /Jahr