

# Urheberrechtshinweis

Die Inhalte dieser Präsentation (u.a. Texte, Grafiken, Fotos, Logos etc.) und die Präsentation selbst sind urheberrechtlich geschützt. Sie wurden durch Fraunhofer UMSICHT selbständig erstellt. Eine Weitergabe von Präsentation und/oder Inhalten ist nur mit schriftlicher Genehmigung von Fraunhofer UMSICHT zulässig.

Ohne schriftliche Genehmigung von Fraunhofer UMSICHT dürfen dieses Dokument und/oder Teile daraus nicht weitergegeben, modifiziert, veröffentlicht, übersetzt oder reproduziert werden, weder durch Fotokopien, Mikroverfilmung, noch durch andere – insbesondere elektronische - Verfahren. Der Vorbehalt erstreckt sich auch auf die Aufnahme in oder die Auswertung durch Datenbanken. Zuwiderhandlungen werden gerichtlich verfolgt.

©Copyright Fraunhofer UMSICHT, 2009

**Bei Fragen wenden Sie sich bitte an:**

Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und  
Energietechnik UMSICHT  
Dr.-Ing. Hartmut Pflaum  
Leiter Marketing, Kommunikation,  
Unternehmensplanung  
Osterfelder Straße 3  
46047 Oberhausen  
Tel.: 0208-8598-1171  
E-Mail: [hartmut.pflaum@umsicht.fraunhofer.de](mailto:hartmut.pflaum@umsicht.fraunhofer.de)

---

# Einführung in das Thema aus Sicht der Verfahrenstechnik und Aktivitäten der Fraunhofer UMSICHT Oberhausen

Josef Robert (0208-8598-1150), Christoph Glasner (-1133),



30.06.2011

---

# AGENDA

---

1. Die hydrothermale Carbonisierung
2. Versuchsanlagen bei UMSICHT
3. Ergebnisse und Empfehlungen
  - n Reaktionswärme und -kinetik
  - n Versuchsergebnisse
  - n Wirtschaftlichkeit
4. Zusammenfassung und Aussicht

---

# AGENDA

---

1. Die hydrothermale Carbonisierung
2. Versuchsanlagen bei UMSICHT
3. Ergebnisse und Empfehlungen
  - n Reaktionswärme und -kinetik
  - n Versuchsergebnisse
  - n Wirtschaftlichkeit
4. Zusammenfassung und Aussicht

# Die hydrothermale Carbonisierung

Inkohlung von Biomasse – Dampfkochtopfprinzip

- n 20 % (**nasse**) Biomasse

  - n 80 % Wasser + Katalysator (Zitronensäure;  $\text{pH} \approx 4$ )

- n 180 - 210°C à 10-20 bar

- n Reaktion verläuft exotherm

# Die hydrothermale Carbonisierung

Inkohlung von Biomasse – Dampfkochtopfprinzip

n unterschiedliche Produkte je nach Reaktionsdauer

n 4 h: Humus

n 8 h: Braunkohle

n 12 h: Steinkohle

n Brennwertterhöhung der Edukte

n Terra Preta?



Foto: Fh UMSICHT

# Einsatzstoffe

- n Bananen
- n Maisstroh
- n Glucose
- n Kartoffeln
- n Buchenlaub
- n Apfeltrester
- n Orangen
- n Strandgut
- n Gärreste
- n Kartoffelpülpe
- n diverse Laubreste
- n Gras



Foto: Fh UMSICHT



Foto: Fh UMSICHT

# Einsatzmöglichkeiten der HTC-Produkte

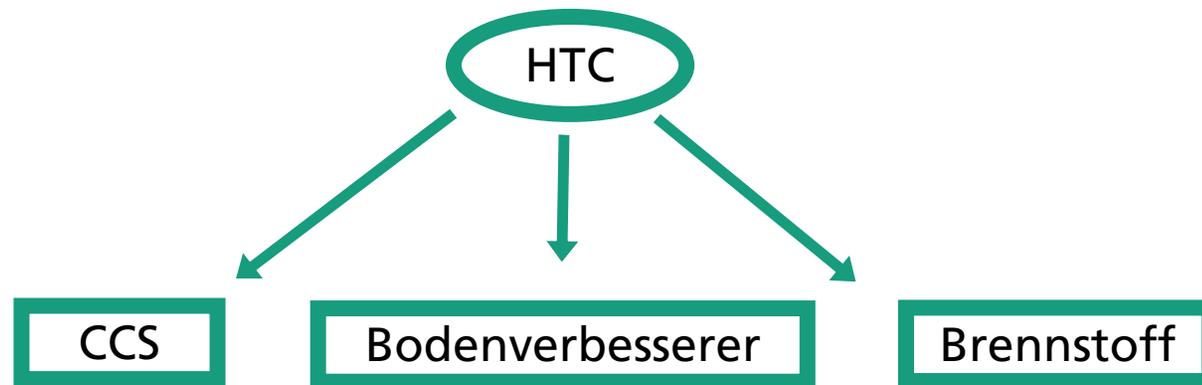


Foto: Fh UMSICHT



Quelle: PHOTOCASE  
Foto: Marek Michalewicz



Quelle: PHOTOCASE  
Foto: mister QM

---

# AGENDA

---

1. Die hydrothermale Carbonisierung
2. Versuchsanlagen bei UMSICHT
3. Ergebnisse und Empfehlungen
  - n Reaktionswärme und -kinetik
  - n Versuchsergebnisse
  - n Wirtschaftlichkeit
4. Zusammenfassung und Aussicht

# Versuchsanlagen bei UMSICHT

Differential Scanning Calorimeter (40 mg)



Foto: Fh UMSICHT

Reaktionskalorimeter (1,5 Liter)



Foto: Fh UMSICHT

HTV-Technikumsanlage (140 Liter)



Foto: Fh UMSICHT

---

# AGENDA

---

1. Die hydrothermale Carbonisierung
2. Versuchsanlagen bei UMSICHT
3. Ergebnisse und Empfehlungen
  - n Reaktionswärme und -kinetik
  - n Versuchsergebnisse
  - n Wirtschaftlichkeit
4. Zusammenfassung und Aussicht

# Reaktionswärme (indirekte Bestimmung)

Beispiel: Glucoselösung (20 %ig, pH=4, t=12 h, Reaktionskalorimeter)

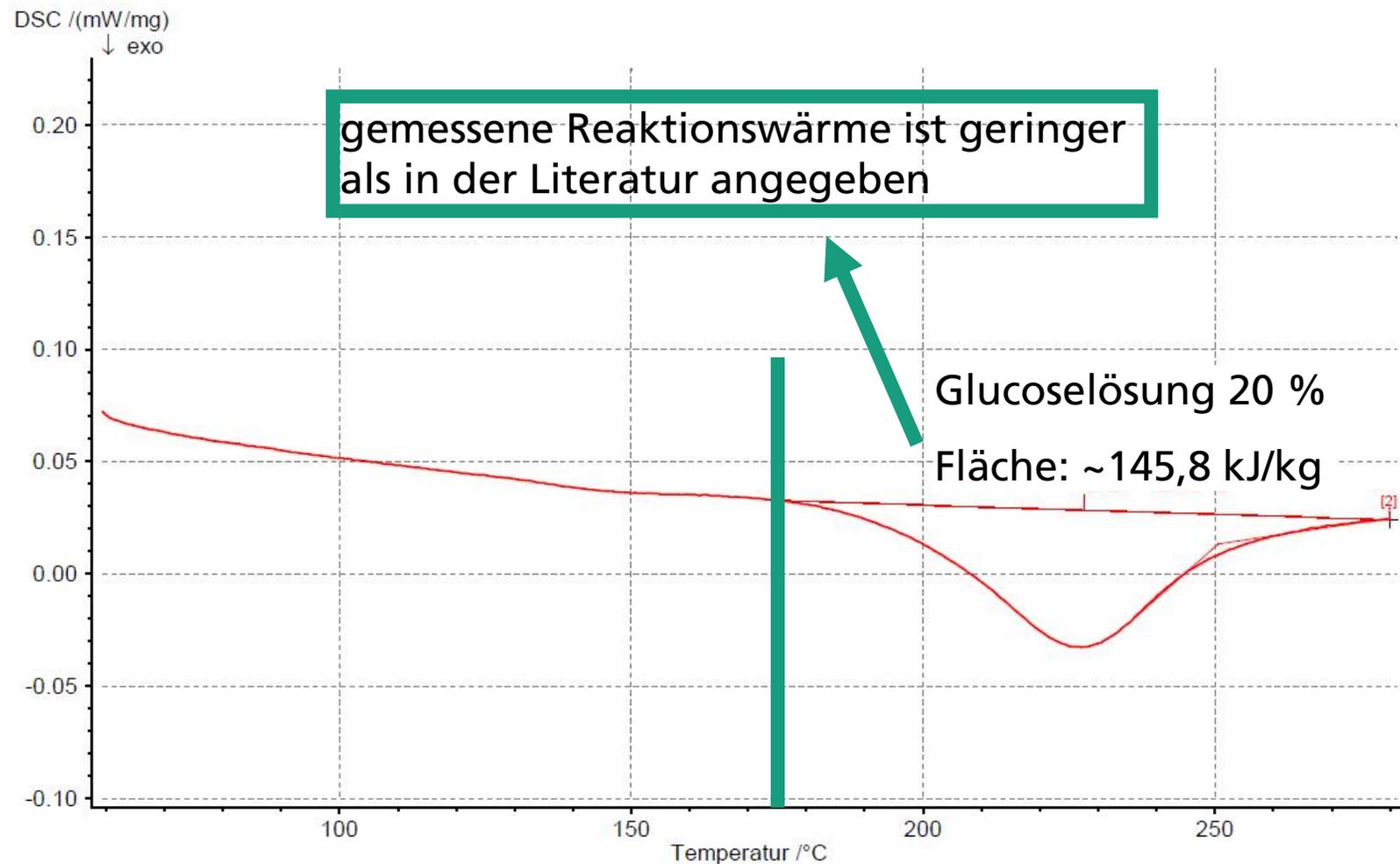
TS-Massenbilanz: vorher: 181,21 g  
nachher: 83,79 g (Festphase) + 14,66 g (Flüssigph.)  
Verlust: 45,67 %

Energiebilanz: vorher: (15,5 \* 0,181) MJ = 2,81 MJ  
nachher: (26,3 \* 0,098) MJ = 2,59 MJ  
Verlust: 0,22 MJ

**freiwerdende Energie: 1214 kJ/kg**

zum Vergleich:  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_6H_2O + 5 H_2O$   $\Delta H = -5773 \text{ kJ/kg}^*$

# Reaktionswärme (direkte Bestimmung)



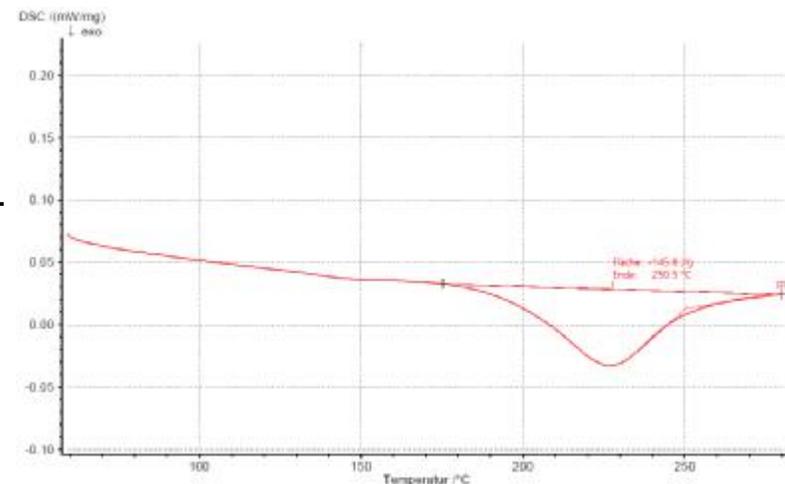
# Reaktionskinetik

## n Erkenntnisse

- n reproduzierbare Glockenkurve (1 K/min Anstieg)  $\rightarrow$  Reaktionskinetik scheint nicht durch die Temperatur beeinflusst zu werden
- n Einfluss von Zitronensäure nicht nachweisbar
- n Start der Reaktion bei  $\sim 180$  °C nachgewiesen

## n Empfehlungen

- n Temperatureinfluss auf Reaktionsprodukte ist zu untersuchen
- n Katalysatorscreening



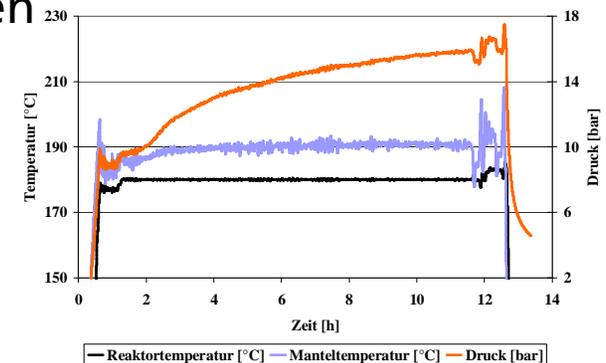
# Versuchsergebnisse (Druckerhöhung)

## n Erkenntnisse

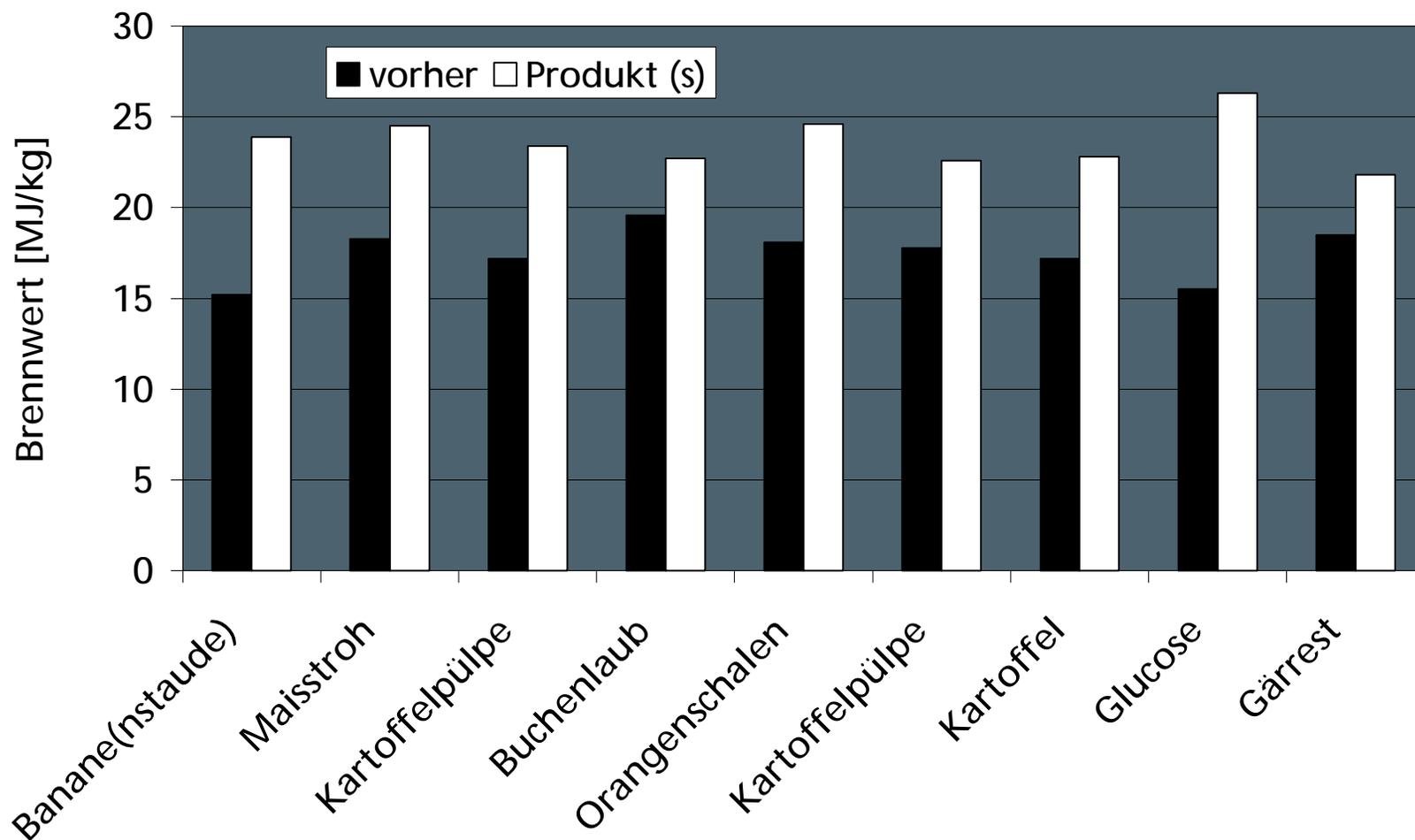
- n keine Exothermie erkennbar
- n Druckerhöhung um 6 bar → vergleichbar mit anderen Versuchen
- n exakte Wärmeregulierung über die Reaktorwand schwierig
  - n → stückiges Material
- n Rückschluss auf die Reaktionskinetik über den Druckverlauf

## n Empfehlungen

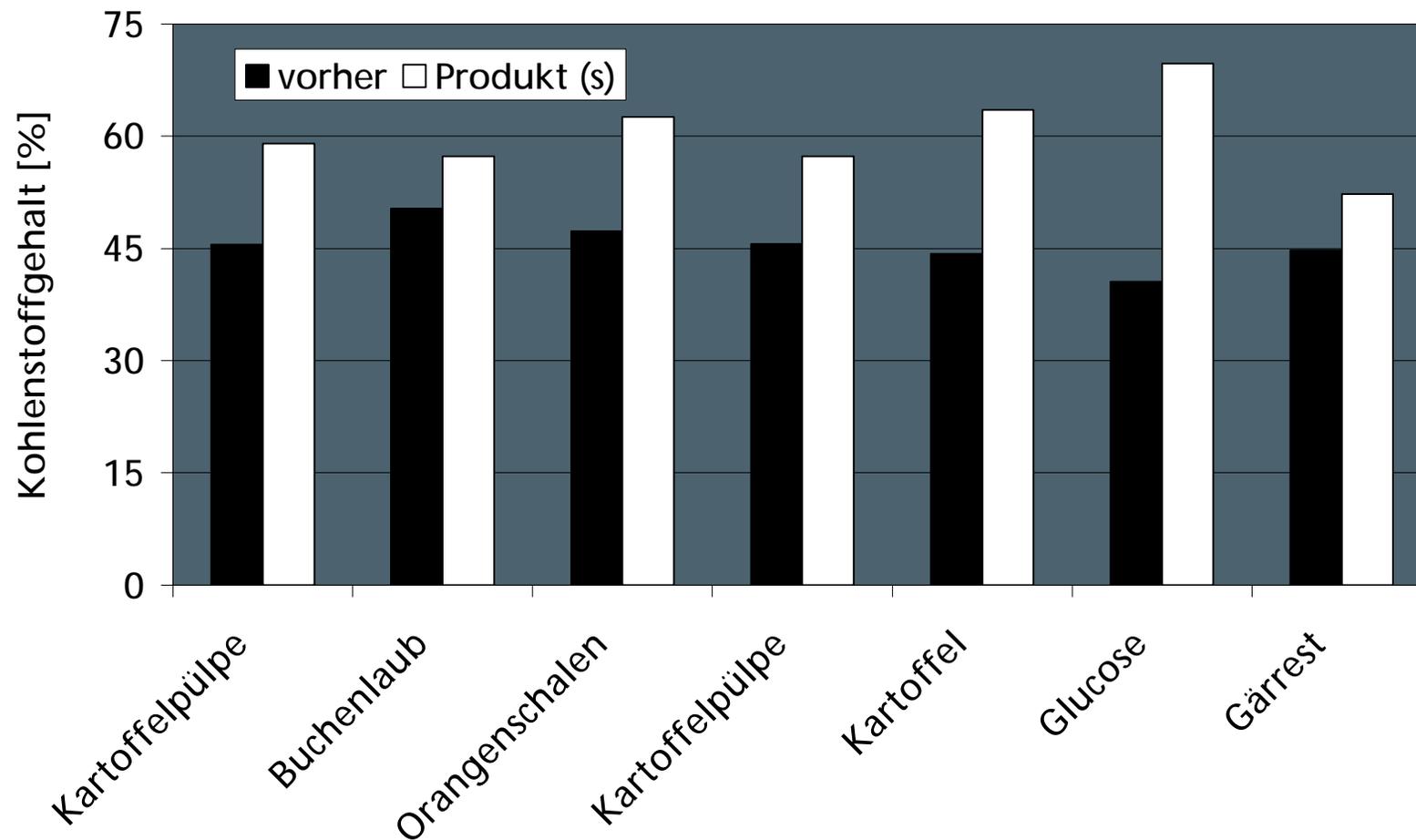
- n Reaktor nicht nur auf den Dampfdruck auslegen
- n Füllhöhe im Reaktor beachten
- n gezielte Gasentweichung vorsehen
- n Isolierung vorsehen



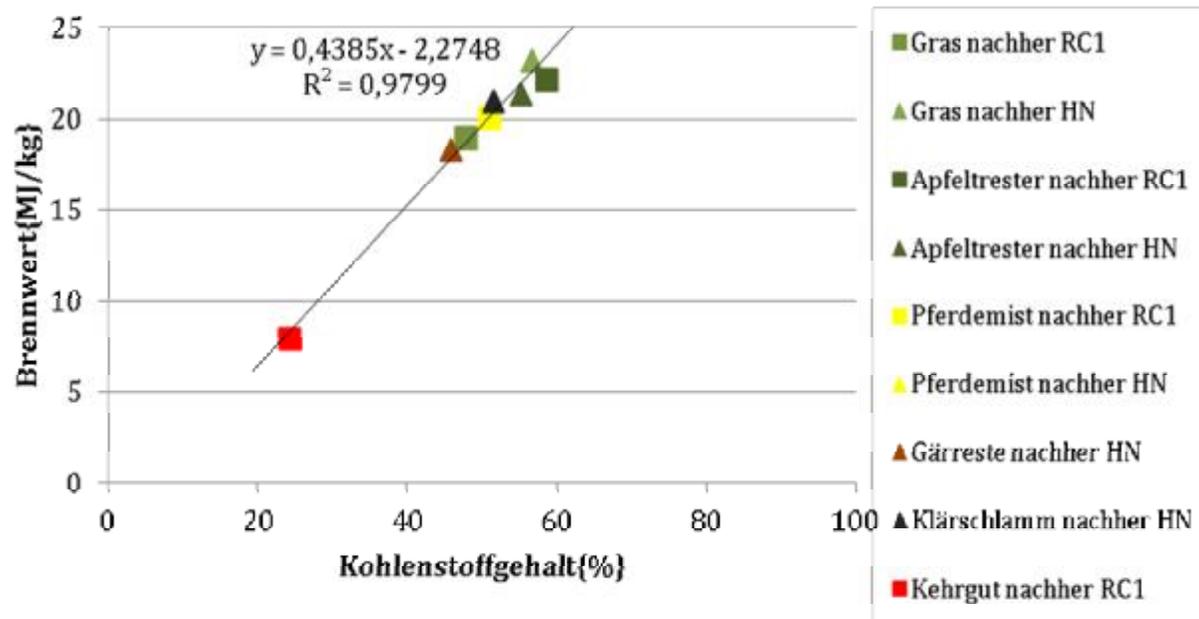
# Versuchsergebnisse (Brennwert)



# Versuchsergebnisse (Kohlenstoffgehalt)



# Abhängigkeit des Brennwertes und des Kohlenstoffgehalts



**T=180°C und t=12 h**

# Versuchsergebnisse (Korrosion)

n 6-7 Versuche pro Behälter (Chrom-Nickelstahl) in drei Monaten

n erhebliche Korrosion erkennbar



Foto: Fh UMSICHT

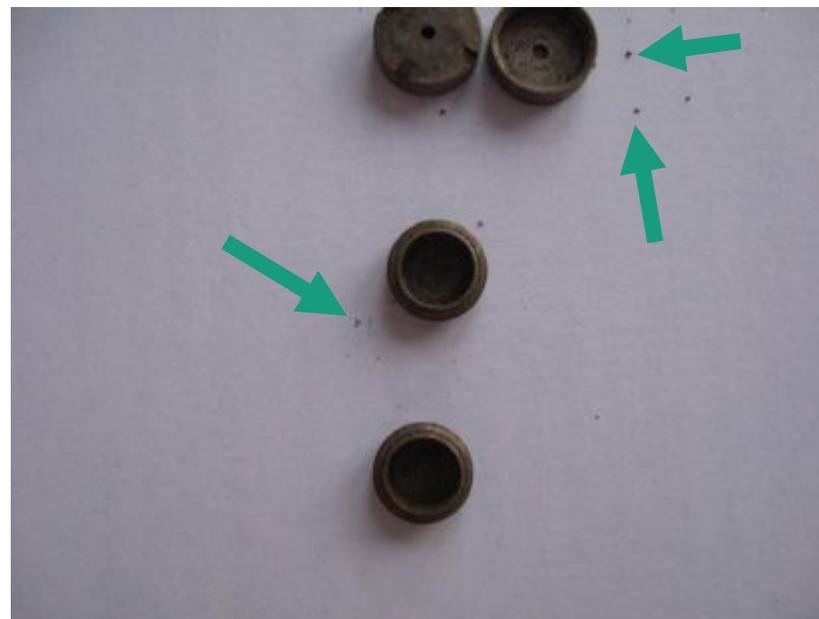


Foto: Fh UMSICHT

n Empfehlung

n Materialtests erforderlich

# Versuchsergebnisse (Terra Preta)

HTC-Produkte:	Glucose	Maisstroh	-
Ertrag:	0	$\leq 1$	1



Foto: Fraunhofer IME

n keine signifikante Verteilung von Mineralstoffen auf die feste oder flüssige HTC-Fraktion

# Inhibitoren für einen wirtschaftlichen Betrieb

- n Exothermie reicht nicht aus, um den Prozess ohne weitere Energiezufuhr betreiben zu können
- n diskontinuierlicher Betrieb
- n Verlust von Energie (bei Nutzung als Brennstoff)
- n Kosten für das Edukt
- n Einsatz als Bodenverbesserer fraglich
  - n Toxizität
  - n einzelne Produkte zeigten keinen oder geringeren Pflanzenwuchs → Wiederholung notwendig

---

# AGENDA

---

1. Die hydrothermale Carbonisierung
2. Versuchsanlagen bei UMSICHT
3. Ergebnisse und Empfehlungen
  - n Reaktionswärme und -kinetik
  - n Versuchsergebnisse
  - n Wirtschaftlichkeit
4. Zusammenfassung und Aussicht

# Zusammenfassung

- n repräsentative Versuche durchgeführt
- n Reaktionskinetik und Reaktionswärme direkt und indirekt bestimmt
- n Handling der Reaktionswärme → bislang unproblematisch
  - n Druckerhöhung aufgrund von Gasbildung muss beachtet werden
- n Produkte sind bzgl. Kohlenstoffgehalt u. Brennwert „braunkohleähnlich“
- n Optimierung als Bodenverbesserer notwendig → Prozessführung

# Aussicht

- n Minimierung der Energiezufuhr notwendig
  
- n Ausgangsmaterialien
  - n Fokussierung auf nasse Biomasse notwendig
  - n Wirtschaftlichkeit bei Biomasse ohne Entsorgungskosten?
  
- n Terra Preta
  - n gezielte Prozessführung zur Vermeidung von toxischen Stoffen
  - n Einsatz als Bodendünger eingehender untersuchen
  
- n Katalysator notwendig?

## Förderung hydrothormaler Verfahren durch die „Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“

- n Projektträger Innovationsförderung in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
- n Verwertung von biologischen Rest- und Abfallstoffen mittels hydrothormaler Verfahren
- n Reduzierung der natürlich ablaufenden CO<sub>2</sub>-Freisetzung aus Biomasse
- n Einsatz als Bodenhilfsstoff
- n Neue Möglichkeit zur Verwertung überschüssiger Biomasse
- n Schaffung besserer Rahmenbedingungen für Innovationen in der Ernährungswirtschaft
- n Jährlich stehen hierfür mehr als 25 Millionen Euro zur Verfügung

---

# FRAUNHOFER UMSICHT

## Geschäftsfeld Prozesstechnik

---

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!**

**Kontakt:**

**Fraunhofer UMSICHT**

Osterfelder Straße 3

46047 Oberhausen

E-Mail: [info@umsicht.fraunhofer.de](mailto:info@umsicht.fraunhofer.de)

Internet: <http://www.umsicht.fraunhofer.de>

**Dipl.-Ing. Josef Robert**

Telefon: 0208-8598-1150

E-Mail: [Josef.Robert@umsicht.fraunhofer.de](mailto:Josef.Robert@umsicht.fraunhofer.de)