



“8. Mitteldeutscher Bioenergietag”
22. November 2011 in Colditz

LANDESANSTALT
für Agrartechnik & Bioenergie

Optimierungspotenziale bei der Biogaserzeugung

Hans Oechsner, Andreas Lemmer
Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie,
Universität Hohenheim



Ansatzpunkte zur Steigerung der Effizienz der Biogastechnologie

- Steigerung der Flächenerträge und Energieeffizienz der Biomasseproduktion
- Verlustarme Lagerung bis zur Nutzung
- Hoher Wirkungsgrad bei der fermentativen Umwandlung der Biomasse zu Biogas
- Bestmögliche Nutzung der erzeugten Gase
 - BHKW
 - Gasreinigung

8. Mitteldeutscher Bioenergietag am 22. November 2011 in Colditz
Optimierungspotenziale bei der Biogaserzeugung
Hans Oechsner

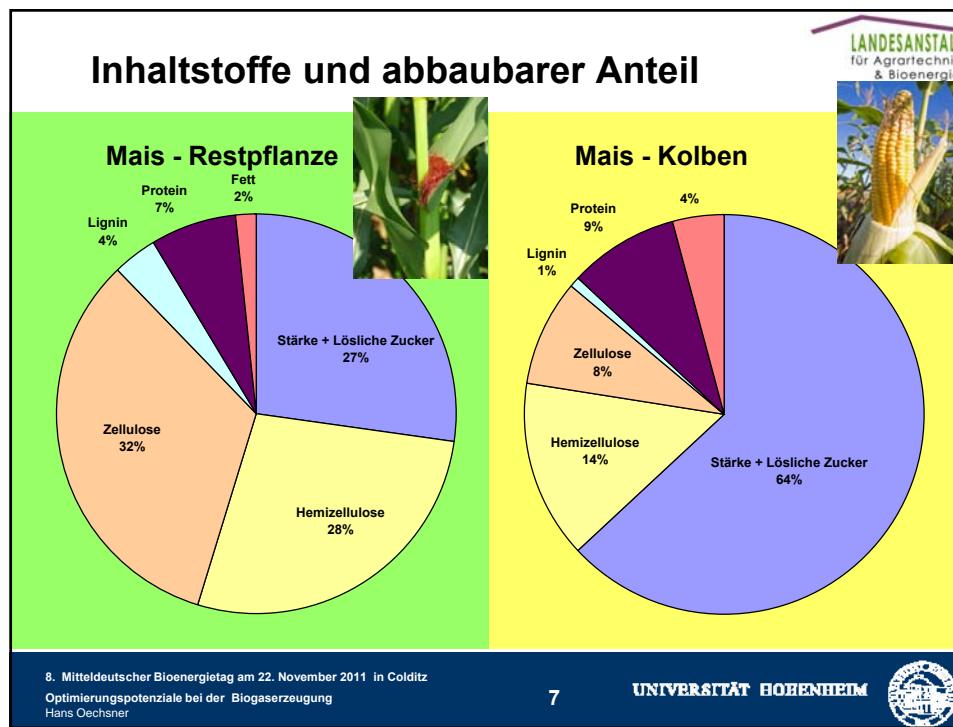
UNIVERSITÄT HOHENHEIM

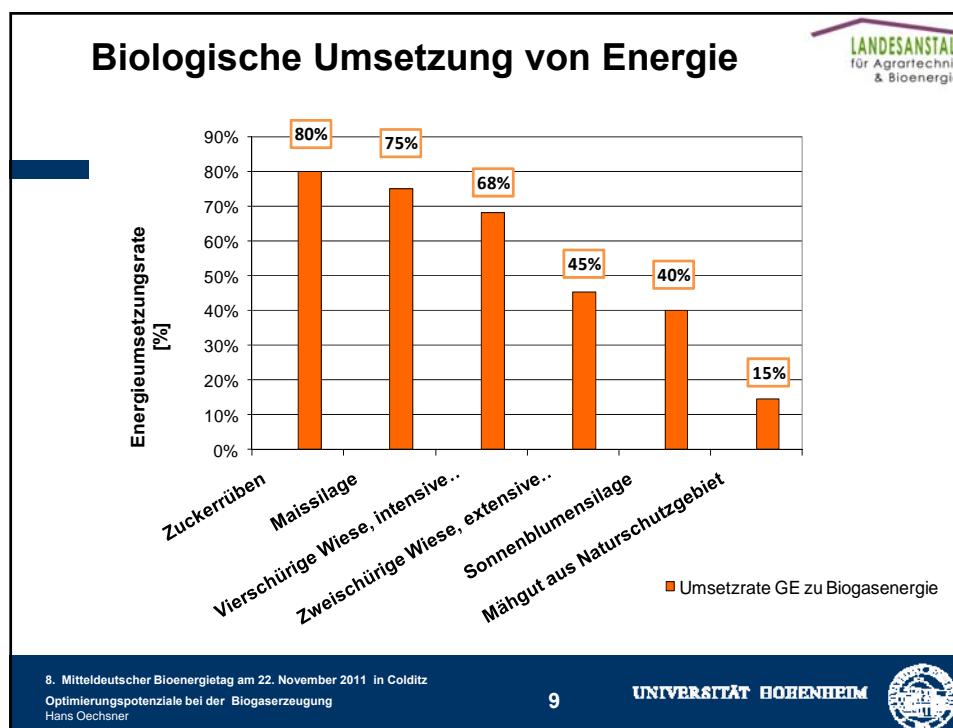
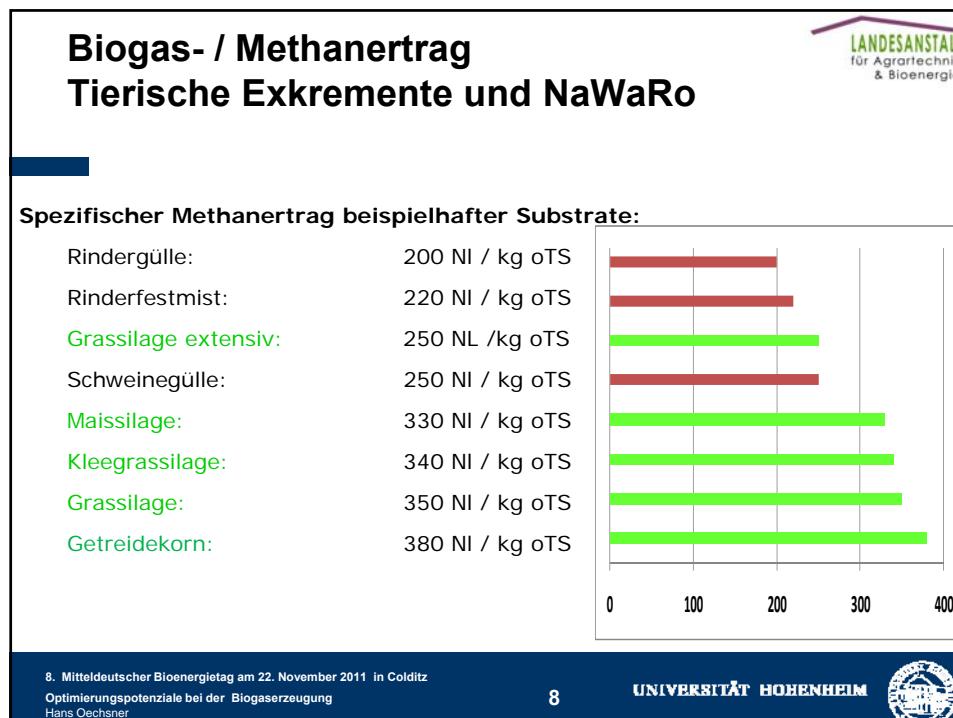


LANDESANSTALT für Agrartechnik & Bioenergie

Ansatzpunkte zur Effizienzsteigerung bei der fermentativen Produktion von Biogas:

- **Substratqualität**
- **Aufbereitung der Biomasse**
 - Mechanisch
 - Biologisch
- **Prozessstabilisierung**
 - Prozessüberwachung
 - Prozesshilfsstoffe
- **Optimierung der Anlagentechnik**
 - Betriebsweise
 - Prozessgestaltung



ANSATZPUNKTE ZUR EFFIZIENZSTEIGERUNG BEI DER FERMENTATIVEN PRODUKTION VON BIOGAS:

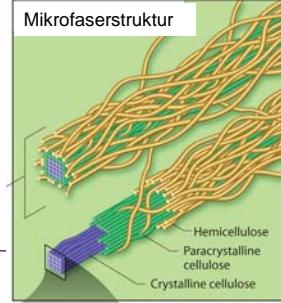
- Substratqualität
- **Aufbereitung der Biomasse**
 - Mechanisch
 - Biologisch
- Prozessstabilisierung
 - Prozessüberwachung
 - Prozesshilfsstoffe
- Optimierung der Anlagentechnik
 - Betriebsweise
 - Prozessgestaltung




Substrataufbereitung

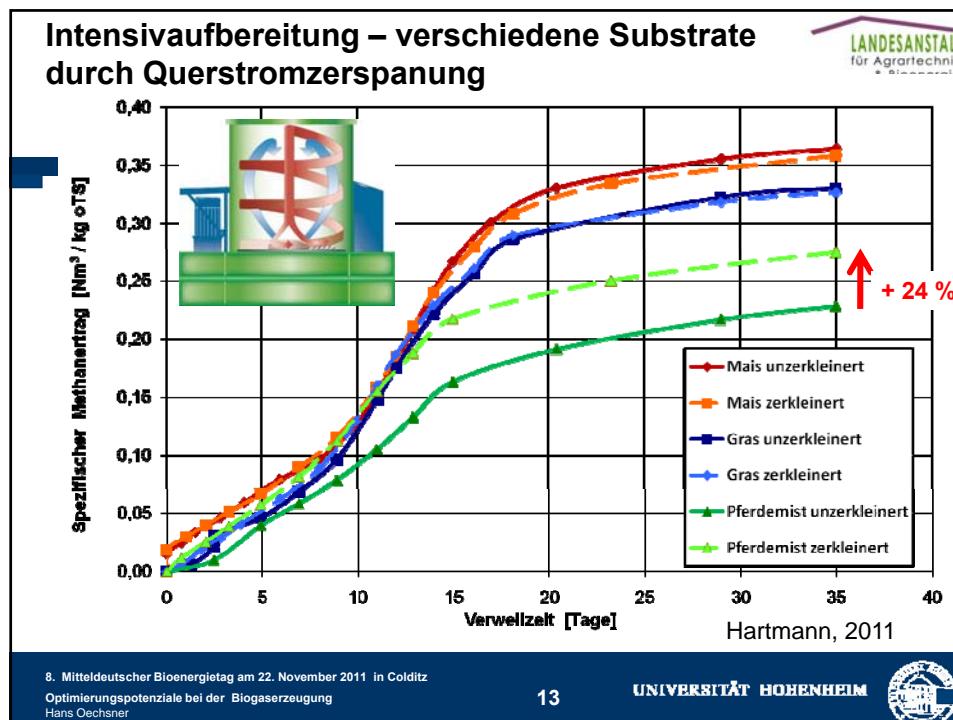
- Pflanzen oder Pflanzenteile mit hohem Faseranteil
- Lignozellulose – erschwerter Abbau
- **Kann Aufbereitung anaerobe Abbaubarkeit verbessern?**

physikalisch			
mechanisch			
• Scherung	• Heißwasser	• Säure	biologisch
• Prall	• Heißdampf	• Lauge	• Enzyme
• Druck	• Thermodruckhydrolyse	• Oxidationsmittel	



Schwarz et al., 2009





8. Mitteldeutscher Bioenergietag am 22. November 2011 in Colditz
Optimierungspotenziale bei der Biogaserzeugung
Hans Oechsner



Enzyme im Biogasprozess

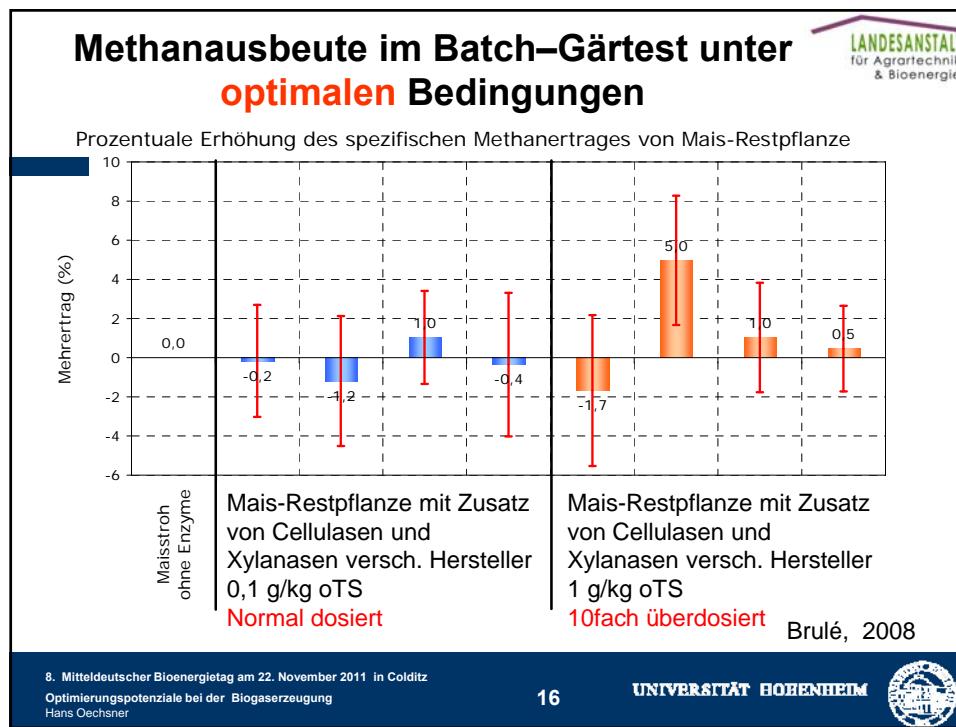
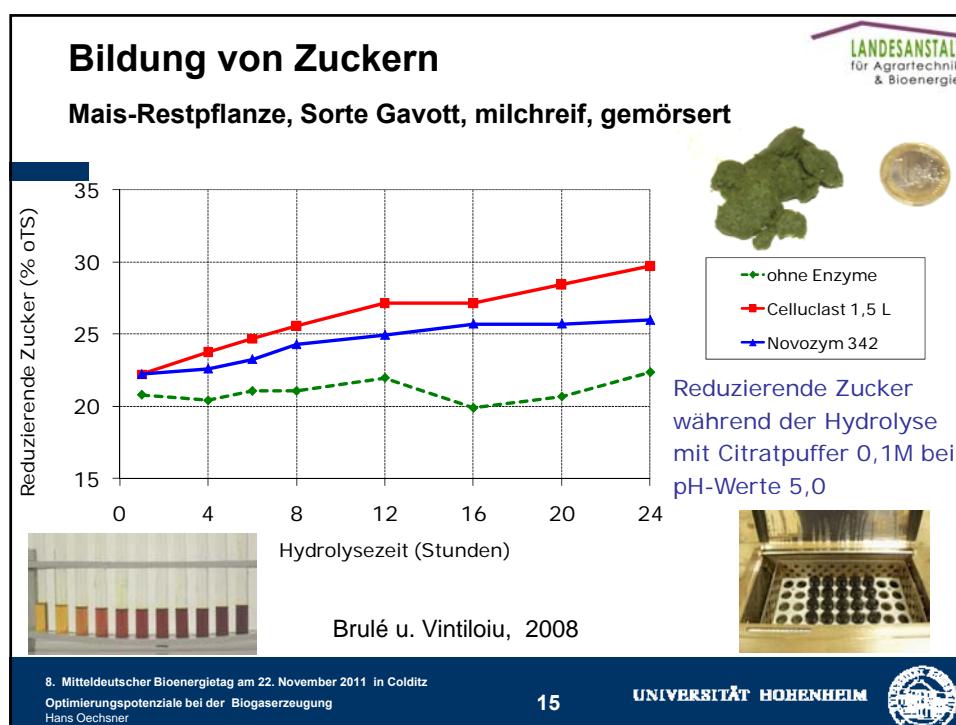
- Enzyme sind biologische Katalysatoren
- Mithilfe von Enzymen sollen Polysaccharide (Gerüstsubstanzen) gespalten werden
- Lignozellulose soll für Mikroorganismen zugängliche gemacht werden
- Wirksamkeit von Enzymen in der Industrie für spezielle Anwendungen ist umstritten
- **Lässt sich deren Wirkung auch im Biogasprozess belegen?**

Mikrofaserstruktur

Quelle:
<http://genomics.energy.gov>, Genome programs of the US department of Energy Office of Science

8. Mitteldeutscher Bioenergietag am 22. November 2011 in Colditz
Optimierungspotenziale bei der Biogaserzeugung
Hans Oechsner





Zwischenfazit - Substrataufbereitung



**soll die Abbaubarkeit der Stoffe erhöhen:
Höhere Biogaserträge bei gleicher Einsatzmenge**

- **Mechanische Substrataufbereitung:**

- Keine höhere Biogasausbeute bei „grüner Biomasse“
- Bis zu 30 % Ertragssteigerung bei Pferdemist und Stroh
- Energiebedarf für Zerkleinerung?
- Reduzierter Energiebedarf für Rühren?

- **Biologische Substrataufbereitung – Enzyme**

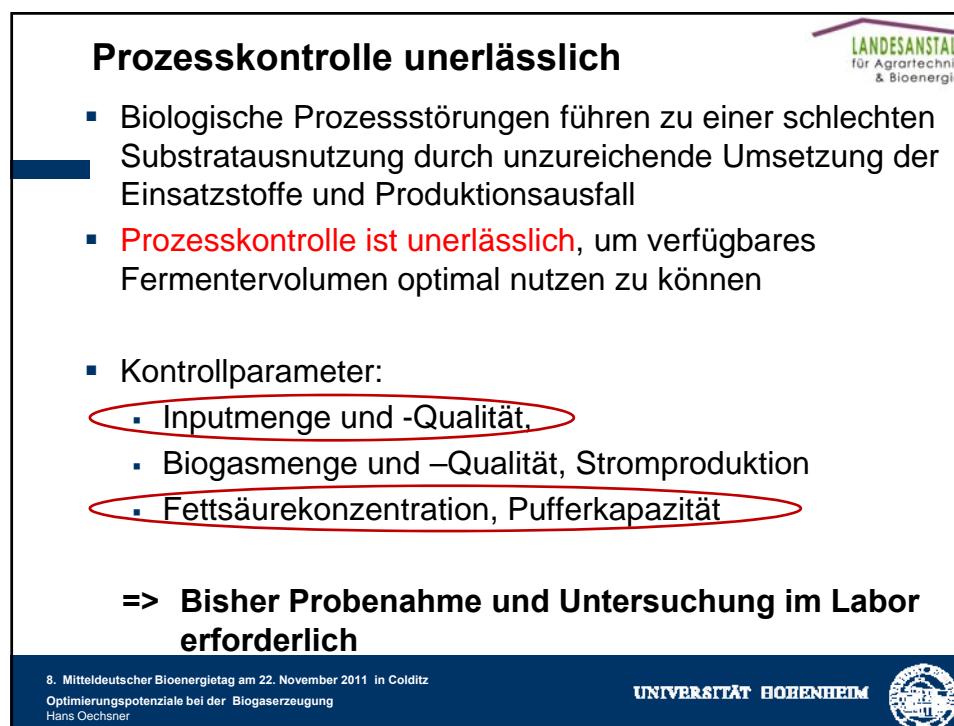
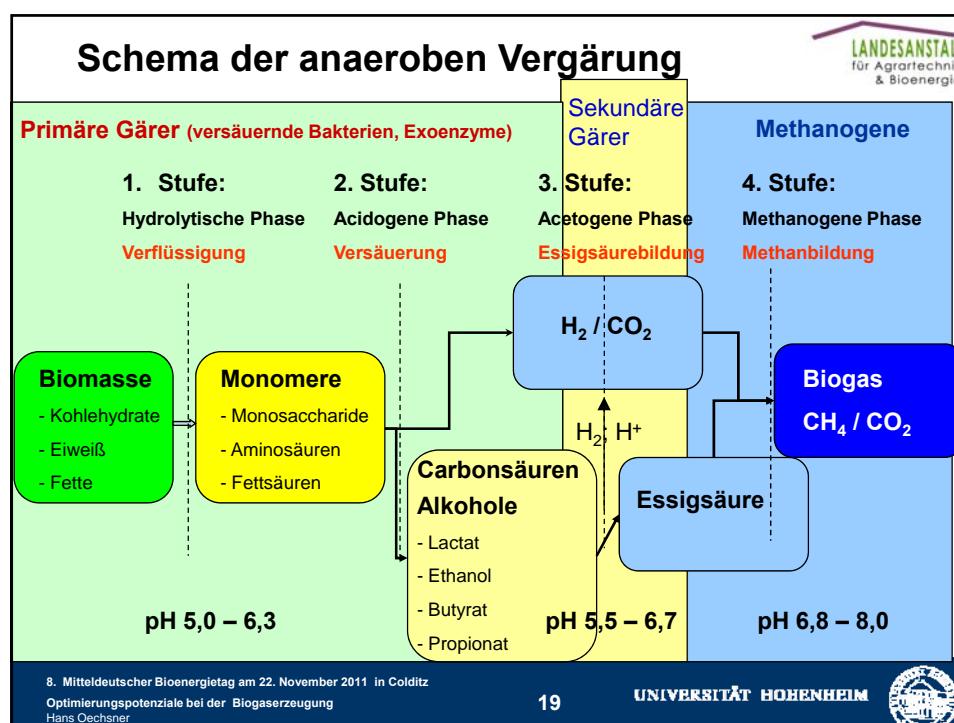
- Wirkung bei optimalen Prozessen gering
- Bei suboptimaler Aktivität der nativen Enzyme
- Schwimmschichten, Rühraufwand beeinflusst?
- Zweiphasige Vergärung?

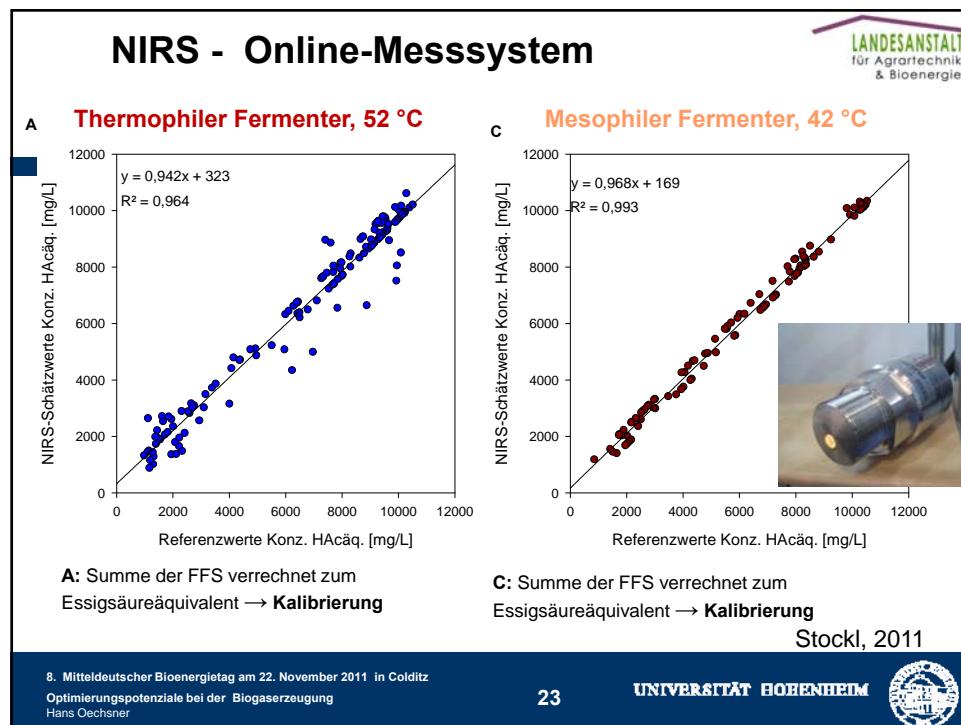
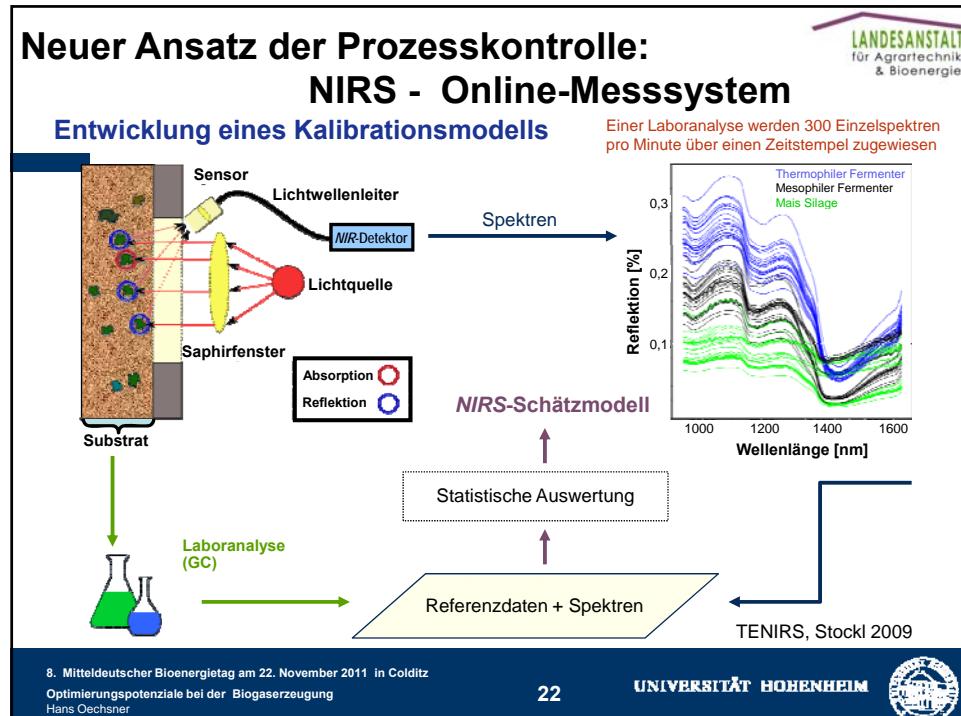


Ansatzpunkte zur Effizienzsteigerung bei der fermentativen Produktion von Biogas:

- **Substratqualität**
- **Aufbereitung der Biomasse**
 - Mechanisch
 - Biologisch
- **Prozessstabilisierung**
 - Prozessüberwachung
 - Prozesshilfsstoffe
- **Optimierung der Anlagentechnik**
 - Betriebsweise
 - Prozessgestaltung







Was passiert, wenn eine biologische Prozessstörung erkannt wurde?

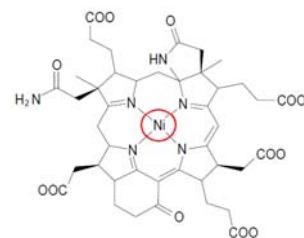
Erhebliche Erkenntnisgewinne in den vergangenen Jahren über die Prozessbiologie, z.B. Mineralstoffbedarf

- Methanogene Mikroorganismen haben einen speziellen Bedarf an Mikronährstoffen, insbesondere Ni, Co, Mo, Se, Fe
- Spurenelementmangel führt zu einer Destabilisierung des Gärprozesses
- Konzentrationen organischer Säuren im Fermenter steigt
- Biogasproduktion sinkt erheblich!



Spurenelemente erfüllen wichtige Funktionen im Biogasprozess

- Sie sind am Aufbau von Koenzymen und Kofaktoren maßgeblich beteiligt
- Bisher sind 7 Koenzyme bekannt, die im Biogasprozess eine wichtige Rolle spielen (Bauer, et al, 2009)
- Oxidierte Formen dienen als Elektronenakzeptoren (z.B. Eisenoxid, Manganoxid) (Pickering, 1986)
- Reduzieren die Sulfidtoxizität
- Stimulieren das methanogene Wachstum (Oleschkiewicz u. Scharma, 1990)



Vergärung reiner Maissilage ohne Güllezusatz

LANDESANSTALT
für Agrartechnik
& Bioenergie

Versuche im Biogaslabor
15 Fermenter a' 17 l
Mesophiler Betrieb, 37°C
OLR 2,5 kg oTS/m³*d
HRT 40 d

8. Mitteldeutscher Bioenergietag am 22. November 2011 in Colditz
Optimierungspotenziale bei der Biogaserzeugung
Hans Oechsner

26

UNIVERSITÄT HOHENHEIM

Vergärung reiner Maissilage ohne Güllezusatz

LANDESANSTALT
für Agrartechnik
& Bioenergie

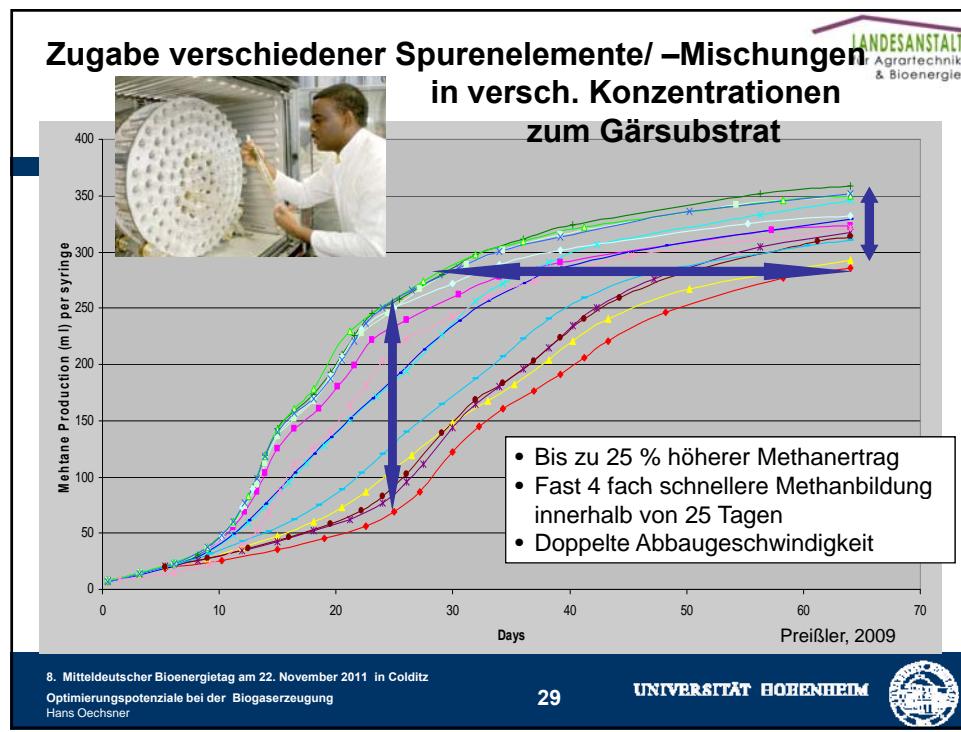
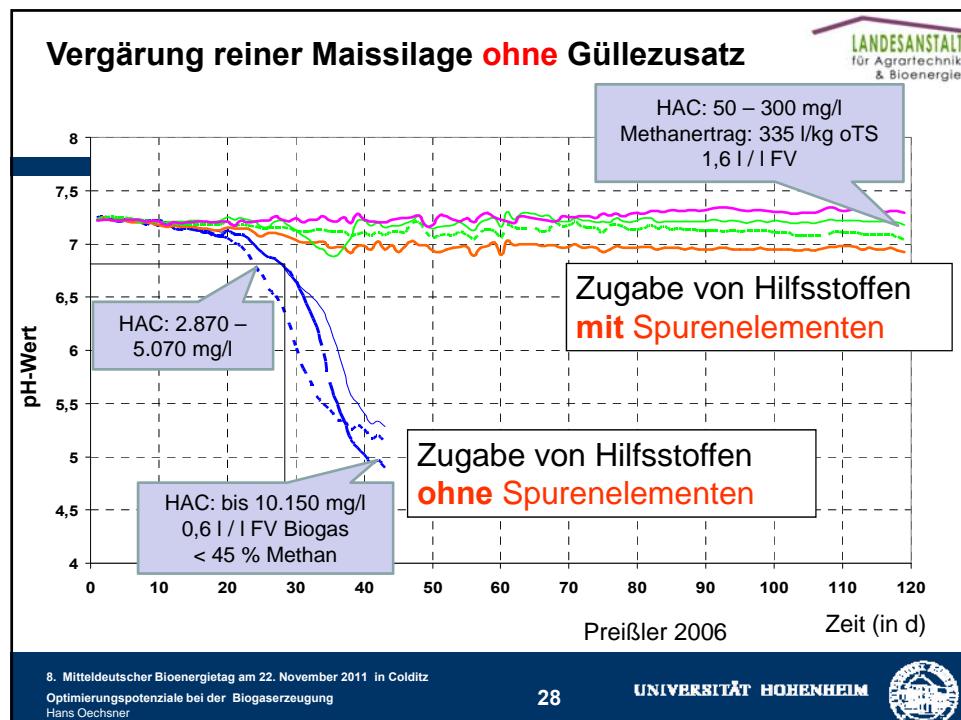
Versuche im Biogaslabor
15 Fermenter a' 17 l
Mesophiler Betrieb, 37°C
OLR 2,5 kg oTS/m³*d
HRT 40 d

Varianten	Zugesetzte Substrate
Kontrolle	Maissilage und Wasser
1	Maissilage, Wasser und Puffersubstanz
2	Maissilage, Wasser, Puffersubstanz und Holzfaser
3	Maissilage, Wasser, Puffersubstanz und Spurenelemente
4	Maissilage, Wasser, Harnstoff, Spurenelemente und Holzfaser
5	Maissilage, Wasser, Puffer, Spurenelemente, Harnstoff und Holzfaser

8. Mitteldeutscher Bioenergietag am 22. November 2011 in Colditz
Optimierungspotenziale bei der Biogaserzeugung
Hans Oechsner

27

UNIVERSITÄT HOHENHEIM



Richtwerte der Optimal-Konzentration verschiedener Spurenelemente

LANDESANSTALT
für Agrartechnik
& Bioenergie

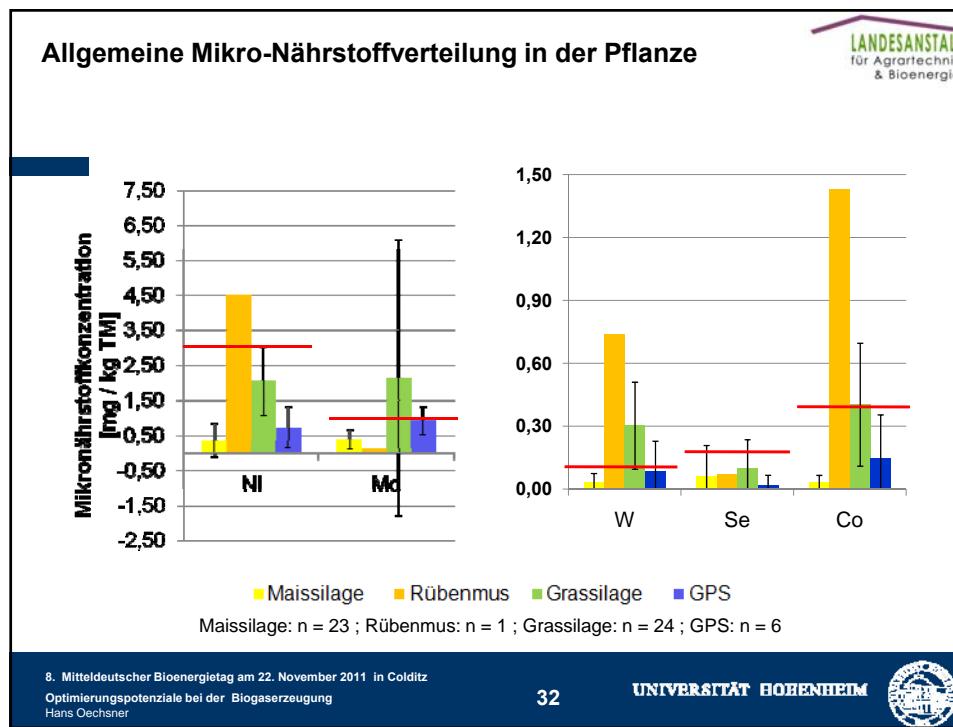
	Minimum:	Maximum:
	mg / kg TM	mg / kg TM
Nickel	3,0	16,0
Kobalt	0,4	5,0
Molybdän	1,0	6,0
Selen	0,2	2,0
Eisen	1500	3000
Mangan	100	1500
Wolfram	0,1	30
Zink	30	300

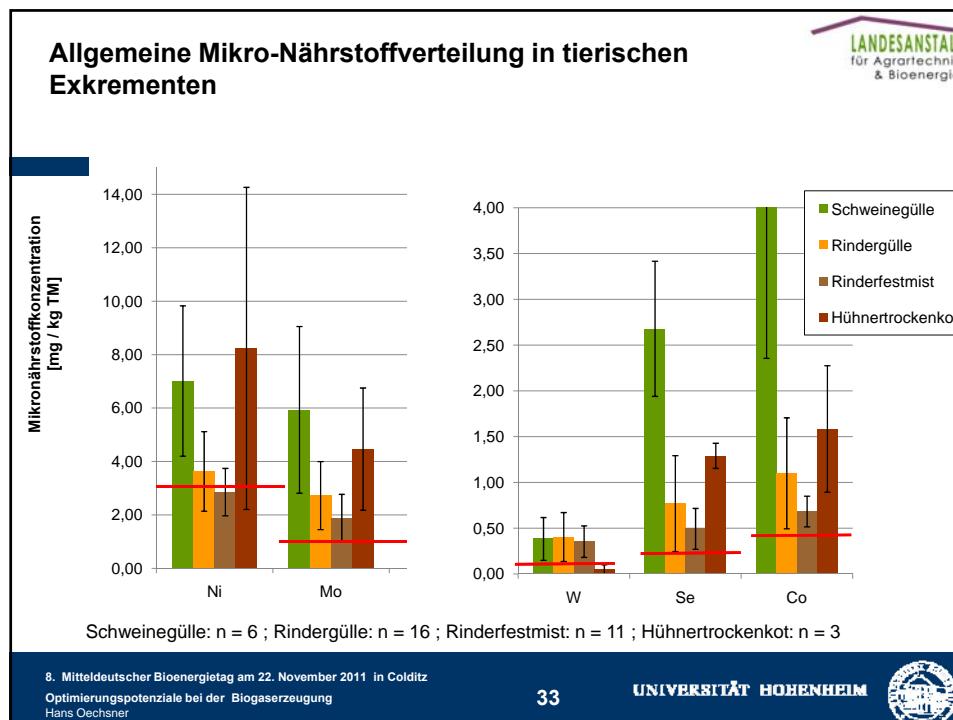
Preißler, Lemmer, Oechsner, 2008

8. Mitteldeutscher Bioenergietag am 22. November 2011 in Colditz
Optimierungspotenziale bei der Biogaserzeugung
Hans Oechsner

31

UNIVERSITÄT HOHENHEIM



Zwischenfazit - Prozessstabilisierung

- **Optimale Prozesskontrolle**
 - erlaubt eine vollständige Ausnutzung des Fermentervolumens
 - Frühzeitige Erkennung von Prozessstörungen
 - Automatisierung des Fermenterbetriebes auf hohem Niveau
 - **Effizienzsteigerung um 20 % denkbar**
- **Spurenelementzusatz**
 - gleicht Mangelzustände aus
 - Optimale Versorgung der Mikroorganismen
 - Schneller, vollständiger Substratabbau
 - Bedarfsgerechter Zusatz unerlässlich (Analyse)
 - **Kann große Effizienzvorteile bringen**

8. Mitteldeutscher Bioenergietag am 22. November 2011 in Colditz
Optimierungspotenziale bei der Biogaserzeugung
Hans Oechsner

34

UNIVERSITÄT HOHENHEIM

LANDESANSTALT für Agrartechnik & Bioenergie

LANDESANSTALT für Agrartechnik & Bioenergie

Ansatzpunkte zur Effizienzsteigerung bei der fermentativen Produktion von Biogas:

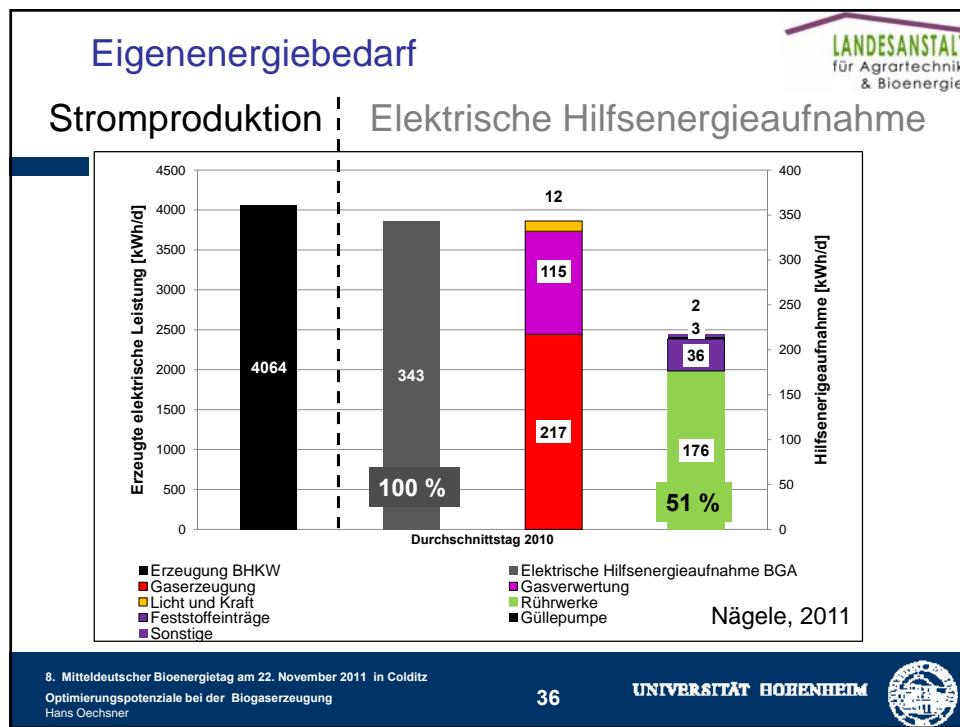
- Substratqualität
- Aufbereitung der Biomasse
 - Mechanisch
 - Biologisch
- Prozessstabilisierung
 - Prozessüberwachung
 - Prozesshilfsstoffe
- Optimierung der Anlagentechnik
 - Betriebsweise
 - Prozessgestaltung

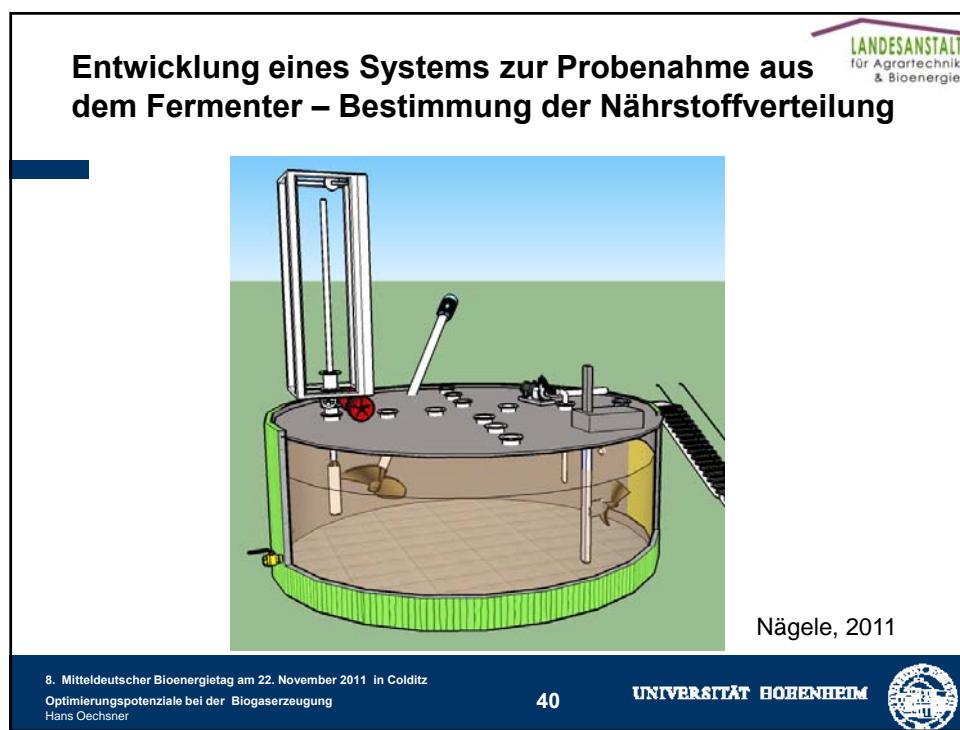
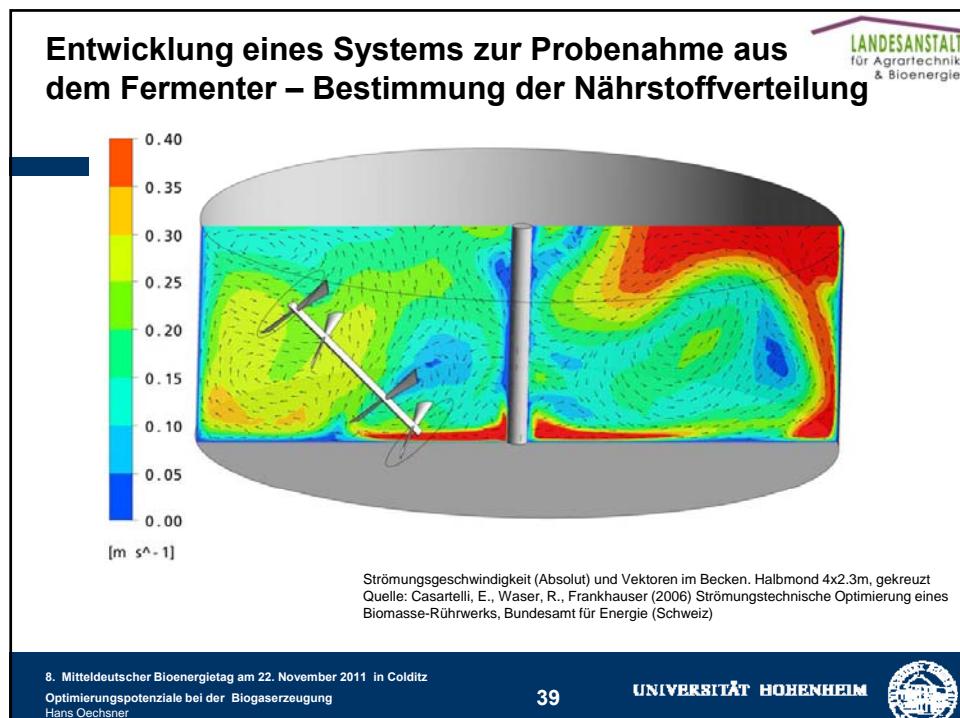


8. Mitteldeutscher Bioenergietag am 22. November 2011 in Colditz
Optimierungspotenziale bei der Biogaserzeugung
Hans Oechsner

35

UNIVERSITÄT HOHENHEIM





Entwicklung des Probenentnahmesystems

LANDESANSTALT
für Agrartechnik
& Bioenergie

Nägele, 2011

8. Mitteldeutscher Bioenergietag am 22. November 2011 in Colditz
Optimierungspotenziale bei der Biogaserzeugung
Hans Oechsner

41

UNIVERSITÄT HOHENHEIM

LANDESANSTALT
für Agrartechnik
& Bioenergie

Aktuelle Forschung:

Neue Ansätze der Biogas-Anlagentechnik:

- Zweiphasige Vergärung
- Produktion von Biogas mit hohen Methangehalten
- Aufwand zur Reinigung des Biogases sinkt
- Einfache Einspeisung des Biogases ins Erdgasnetz
- Hoher Wirkungsgrad bei der Gasnutzung

8. Mitteldeutscher Bioenergietag am 22. November 2011 in Colditz
43 Optimierungspotenziale bei der Biogaserzeugung
Hans Oechsner

UNIVERSITÄT HOHENHEIM

Bioraffinerie-Modul zum gerichtet - fermentativen Aufschluss von Biomasse für eine kombinierte energetische und stoffliche Verwertung - FABES - Modul

The diagram shows a blue vertical cylinder on the left and a grey cylindrical reactor unit on the right. The reactor has dimensions labeled: 936mm length and 160mm diameter. A blue base structure supports the reactor. The photograph on the right shows the actual industrial-scale equipment in a workshop setting.

Hahn, 2010

8. Mitteldeutscher Bioenergietag am 22. November 2011 in Colditz
Optimierungspotenziale bei der Biogaserzeugung
Hans Oechsner

UNIVERSITÄT HOHENHEIM

LANDESANSTALT für Agrartechnik & Bioenergie

Schlussfolgerung

Zur Effizienzsteigerung des Biogasprozesses gibt es eine Reihe verfahrenstechnischer Ansätze

- **Mechanischer und biologischer Substrataufschluss:**
 - Abbaubarkeit faserreicher Stoffe wird gesteigert
 - Substratspektrum wird erweitert (Reststoffe wie Pferdemist, Treber, Trester, etc.)
 - Energiebilanz dieser Systeme muss noch geprüft werden
- **Prozessüberwachung:**
 - Online Messtechnik in Kombination mit gezieltem Additiveinsatz kann die Prozessstabilität deutlich steigern
 - Geringes Ausfallrisiko trotz hoher Auslastung!

8. Mitteldeutscher Bioenergietag am 22. November 2011 in Colditz
Optimierungspotenziale bei der Biogaserzeugung
Hans Oechsner

45 UNIVERSITÄT HOHENHEIM

LANDESANSTALT für Agrartechnik & Bioenergie

Schlussfolgerung



Zur Effizienzsteigerung des Biogasprozesses gibt es eine Reihe verfahrenstechnischer Ansätze

- **Prozesshilfsstoffe**
 - Optimale Versorgung der Mikroorganismen
 - Schneller, vollständiger Substratabbau
- **Betriebsweise:**
 - Eigenenergiebedarf der Biogasanlagen kann zukünftig voraussichtlich deutlich gesenkt werden
- **Prozessgestaltung**
 - Neue technische Ansätze
 - Effizientere Nutzung des Biogases



Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!

Vielen Dank
für die finanzielle Unterstützung der
Projekte durch die FNR und das MLR
Baden-Württemberg!