

Enzyme und Enzympräparate für den definierten Abbau von Biomassen

Vincent Pelenc & Matthias Gerhardt



Deutscher Bioraffinerie-Kongress 2007, Berlin, 12-13.09.2007



Enzyme und Enzympräparate für den definierten Abbau von Biomassen



1. Biopract GmbH
2. Kinetik der Cellulose-Hydrolyse
3. Enzyme im Biogasprozess
4. Ergebnisse der MethaPlus[®] - Feldversuche
5. Schlussfolgerungen

Biopract GmbH

- Mittelständisches Biotechnologieunternehmen in Berlin-Adlershof, 1992 gegründet
- Forschung, Entwicklung und Produktion hydrolytischer Enzyme
- Marktführer im Bereich der Enzymanwendungen in landwirtschaftlichen Biogasanlagen – zur Zeit etwa 300 Anwender in D und A



Kinetik der Lignocellulose-Hydrolyse

- Langjährige Bemühungen zur Hydrolyse der Lignocellulose
- Bisher kein kommerzielles Verfahren etabliert

Fa. Novozymes, 2007

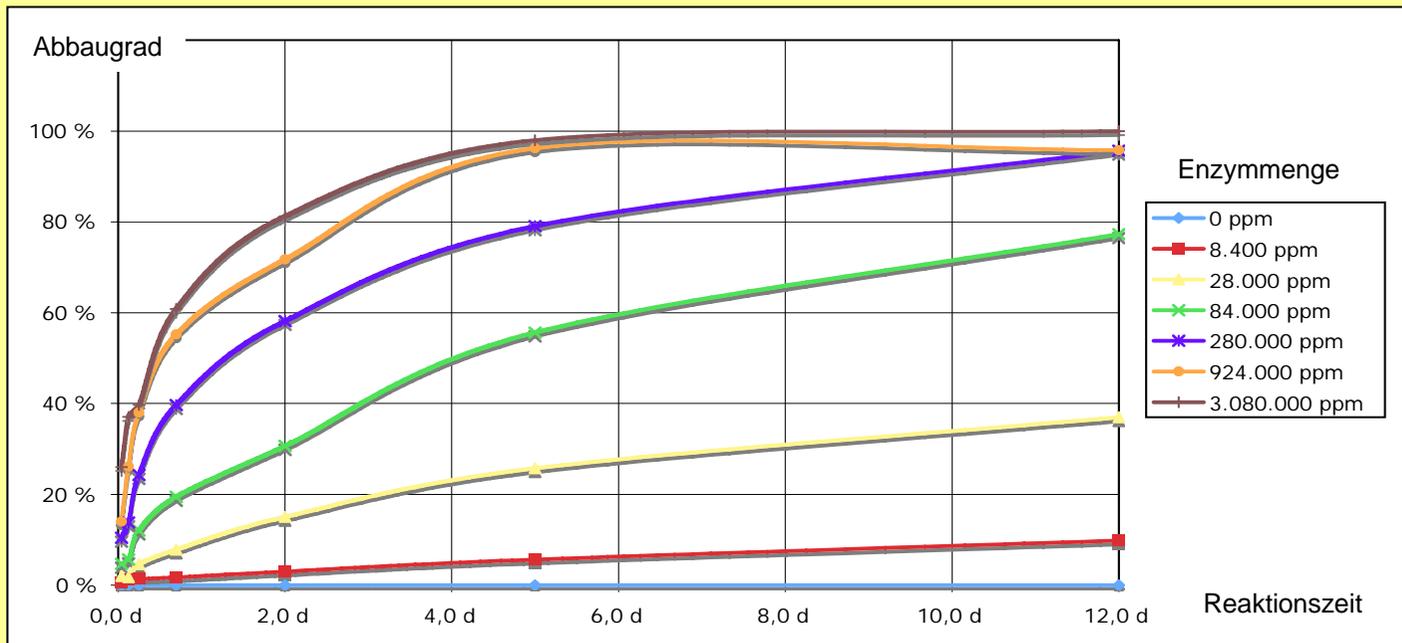
<http://biomass.novozymes.com/>, see FAQ

- „Research into the processing of (lignocellulosic) biomass into fermentable sugars that can ultimately be converted into ethanol is still in its infancy.“

-> Was ist in der Hydrolyse der Lignocellulose so schwierig ?

Kinetik der Cellulose-Hydrolyse in Batch-Reaktionen

Filterpapier und Cellulase von *Trichoderma reesei* pH 4,8; Temperatur 50 °C

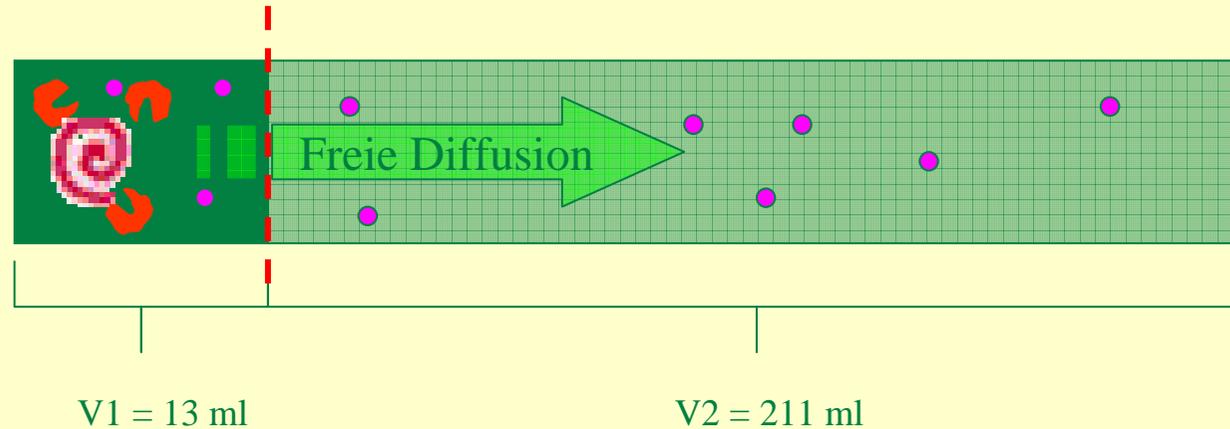


Vollständige Hydrolyse bei

- mehrtägiger Wirkungszeit und
- beträchtlichem Enzymeinsatz

Extrem drastische
Verlangsamung der Reaktion

Kinetik der Cellulose-Hydrolyse bei Entfernung der Reaktionsprodukte über eine UF-Membran

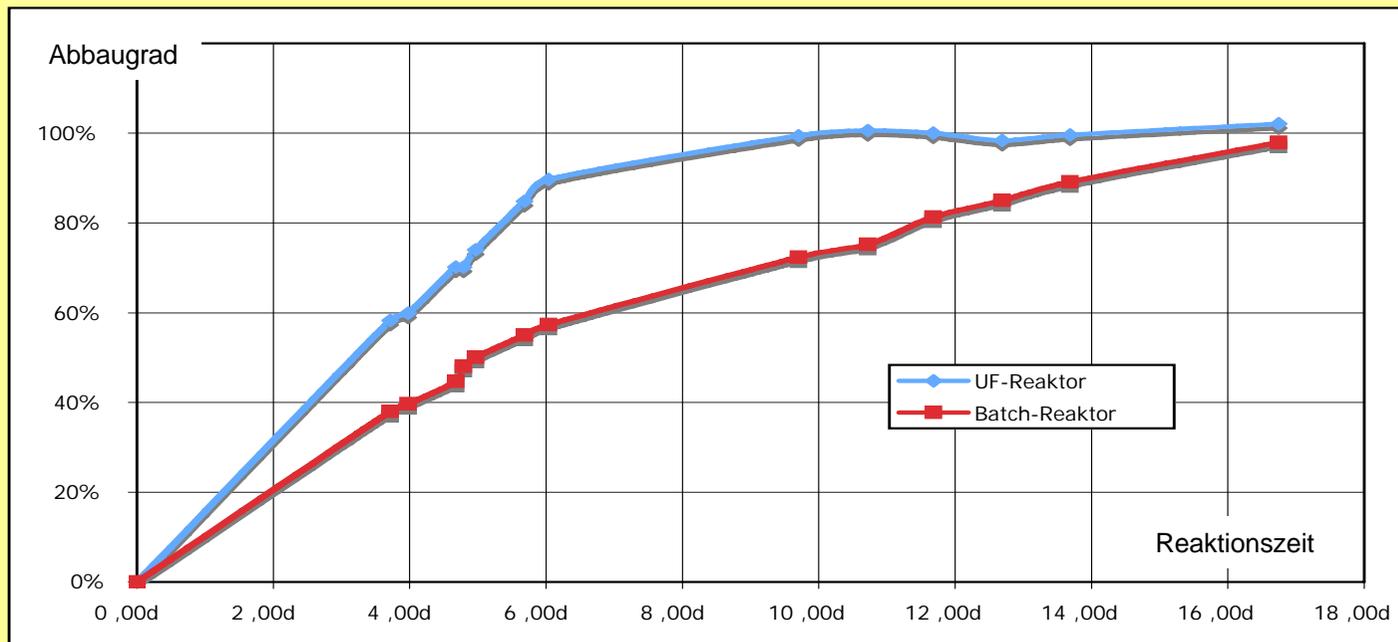


Legende:

-  Substrat Filterpapier
-  Enzyme = Cellulase + β -Glucosidase
-  Produkt = reduzierende Zucker (Cellobiose, Glucose)
-  UF-Membran = 8.000 D cutoff / Polyethersulfon

Kinetik der Cellulose-Hydrolyse bei Entfernung der Reaktionsprodukte

Filterpapier und Cellulase von *Trichoderma reesei*
pH 4,8; Temperatur 40°C; 44.000 ppm Cellulase + β -Glucosidase



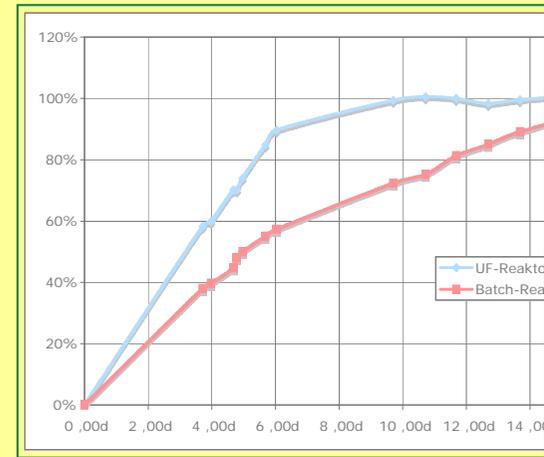
Vollständige Hydrolyse bei

- mehrtägiger Wirkungszeit und
- mäßigem Enzymeinsatz (44 g Enzympräparat für 1 kg Cellulose)

Kinetik der Cellulose-Hydrolyse

Lineare Kinetik

- Enzyme stabil
- Substrat Filterpapier kinetisch homogen



Reaktionsgeschwindigkeiten im Vergleich :

Substrat	pH, Temp.	Abbau	Geschwind., $\mu\text{mol}/\text{min}\cdot\text{g}$ Präparat
Löslich	5,0 / 40°C	0,5 %	1.200 - 2400
F. Papier	4,8 / 40°C	4 % Batch	35
F. Papier	4,8 / 40°C	90 % UF	22

Kinetik der Cellulose-Hydrolyse: Günstige Einsatzbedingungen für die Cellulasen

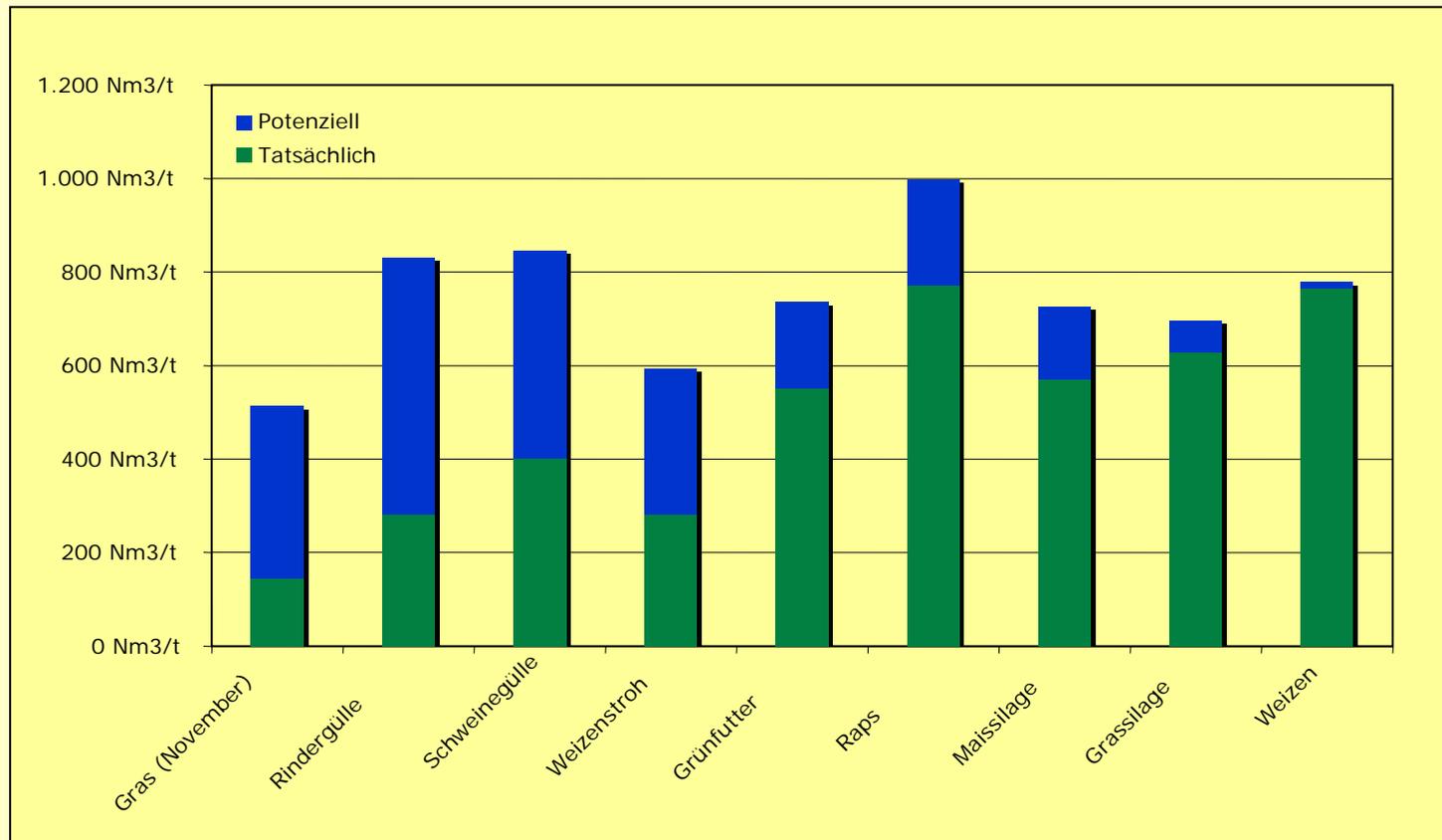
1. Quellfähige Substrate

2. Abbau/Abfuhr der Hydrolyseprodukte

3. Lange Wirkungszeit

Enzyme im Biogasprozess : Substrate

Potenzieller / tatsächlicher Biogasertrag aus verschiedenen Substraten



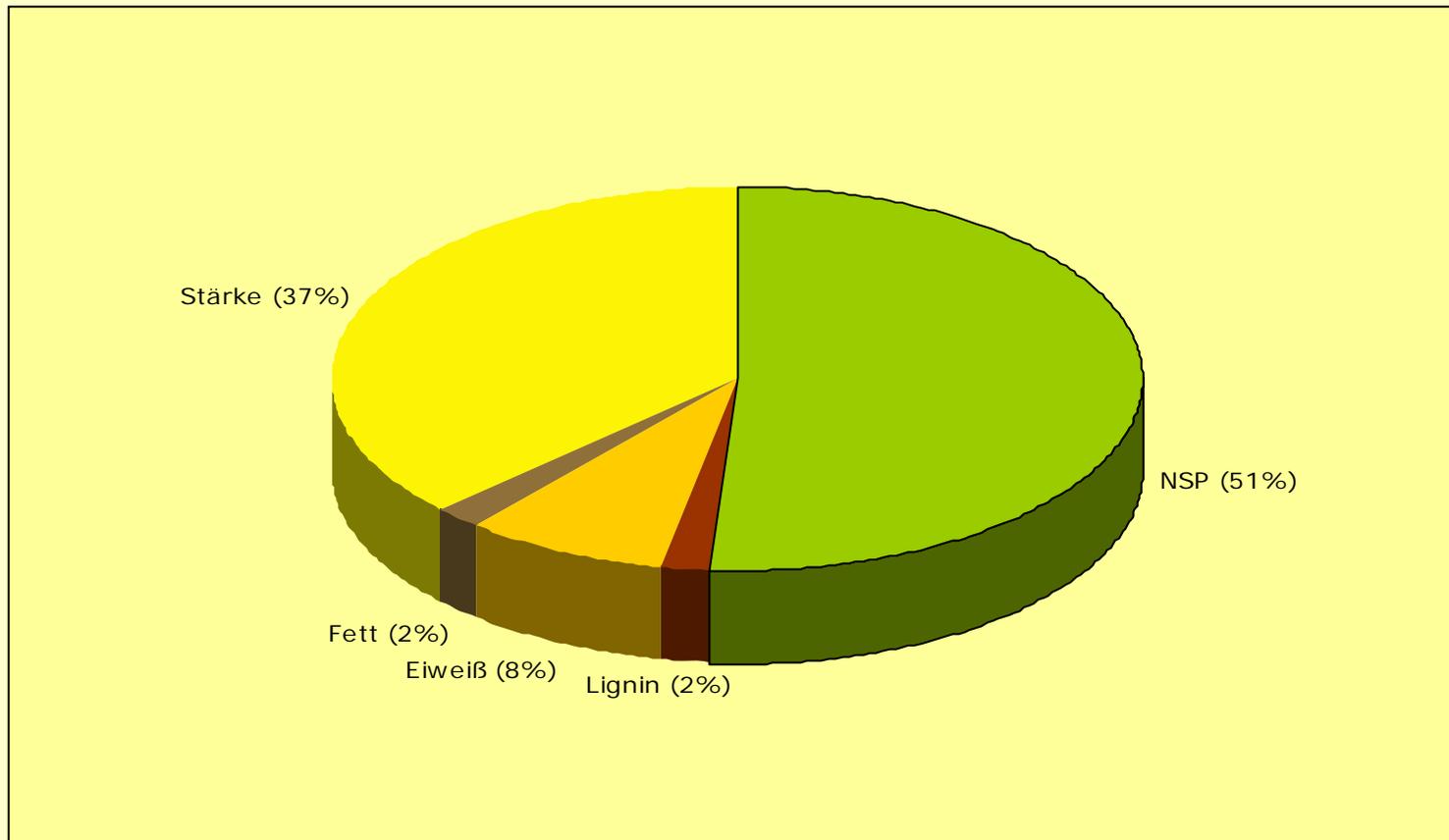
Potenziell : Stochiometrisches Potenzial für die Biogasbildung

Tatsächlich: KTBL (Ed.). 2005. Gasausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen.

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. Darmstadt

Enzyme im Biogasprozess : Substrate

Substrate: die Zusammensetzung von Maissilage



NSP = Nicht - Stärke - Polysaccharide

Enzyme im Biogasprozess : Substrate

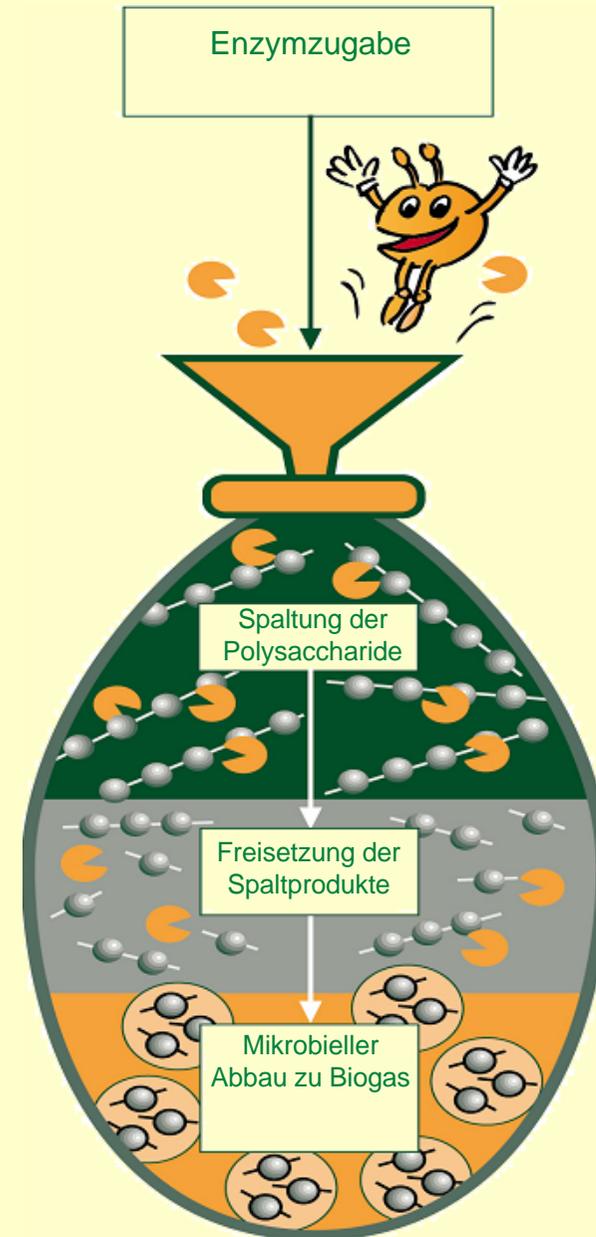
NSP im Prozess der Biomasse-Hydrolyse

- NSP sind Polysaccharide, die einen enzymatischen Aufschluss zu Oligomeren / Monomeren erfordern
- NSP verhindern den Abbau leicht abbaubarer Stoffe (Käfig-Effekt)
- NSP erhöhen die Viskosität des Mediums und beschränken damit die Raumbelastung

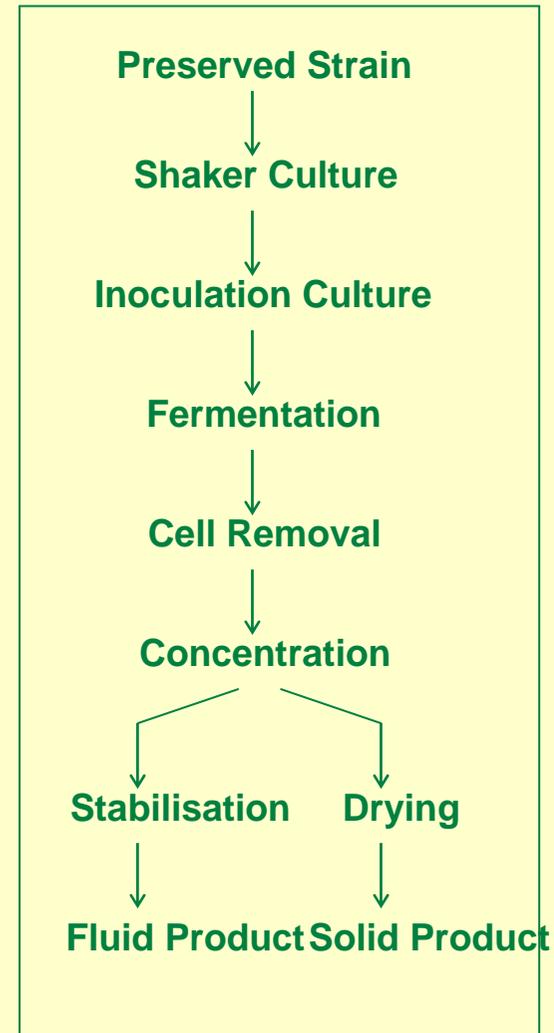
Enzyme im Biogasprozess : Abbau der Reaktionsprodukte / Lange Wirkungszeit

Hydrolytische Enzyme

- Produktionsstamm: *Trichoderma reesei*
- Aktivitäten:
 - Cellulase
 - β -Glucanase
 - Xylanase
 - Chitinase
 - Pectinase
 - etc.



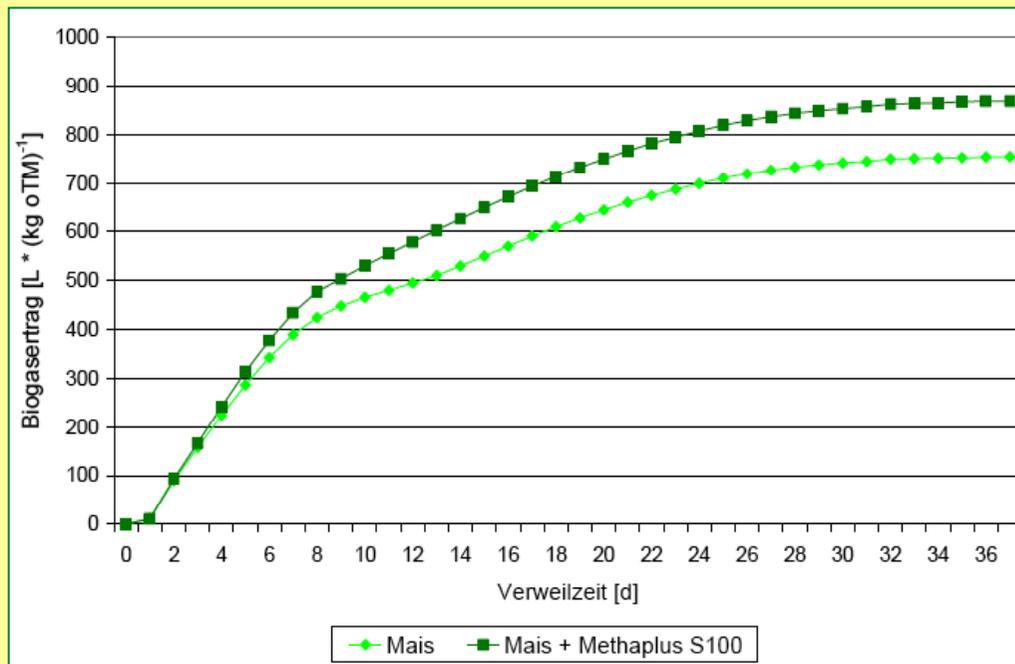
MethaPlus® - Produktion aus *Trichoderma reesei*



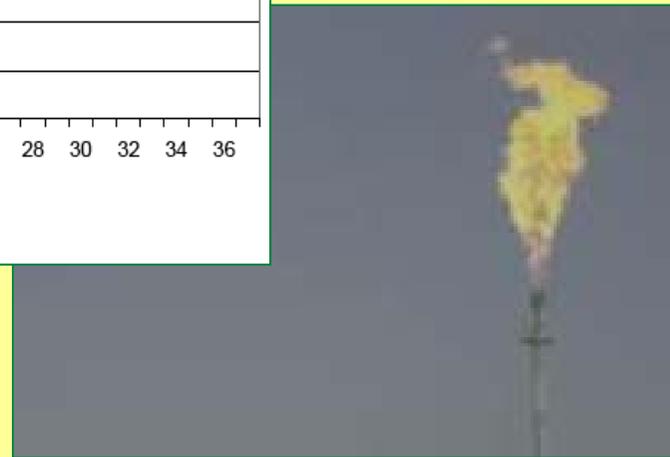
MethaPlus[®] im Biogasprozess

Steigerung des Biogasertrages

(Kaiser, 2004, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft)

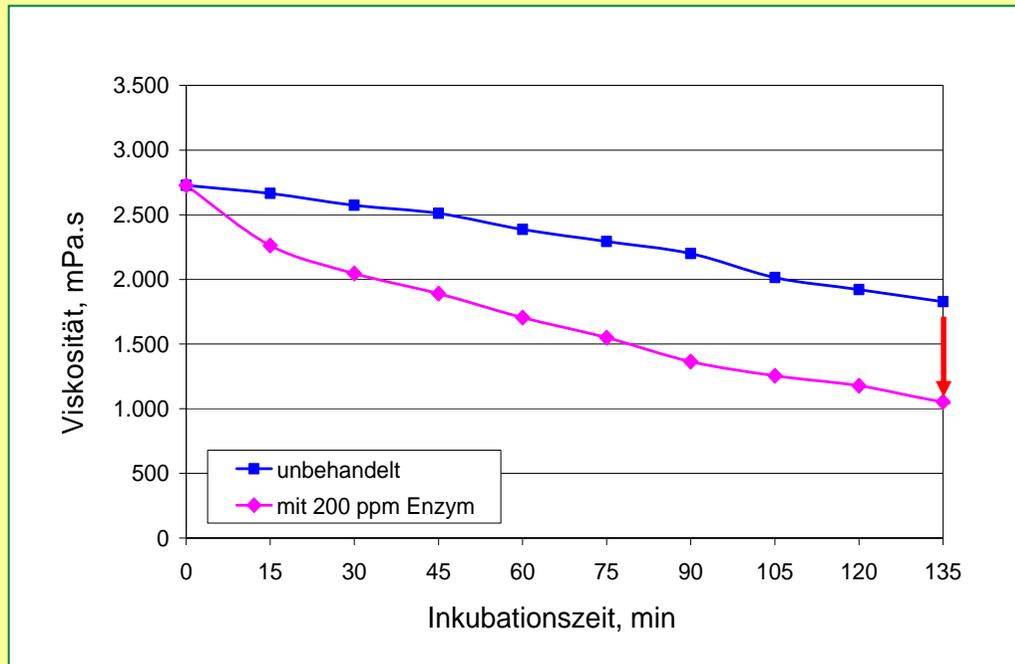


+ 15 % Gas

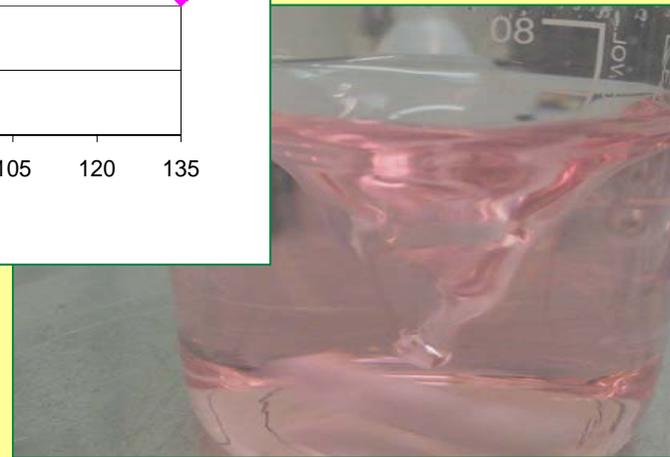


MethaPlus® im Biogasprozess

Deutliche Senkung der Viskosität im anaeroben Fermentationsmedium

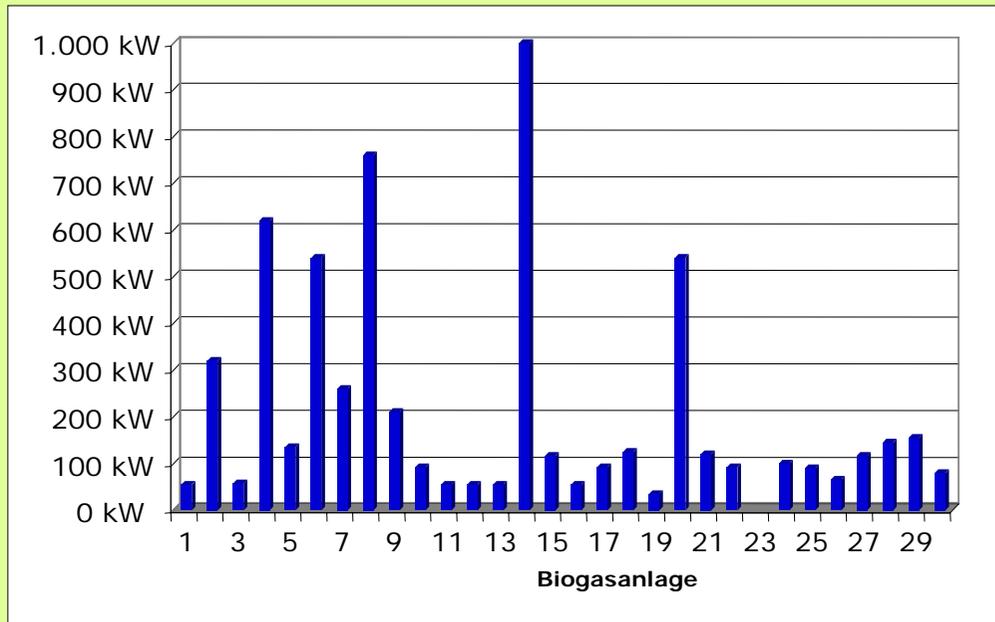


**42 %
Niedrigere
Viskosität
nach 2 Std.**



Feldversuche: die teilnehmenden Biogasanlagen

30 Biogasanlagen in der Studie

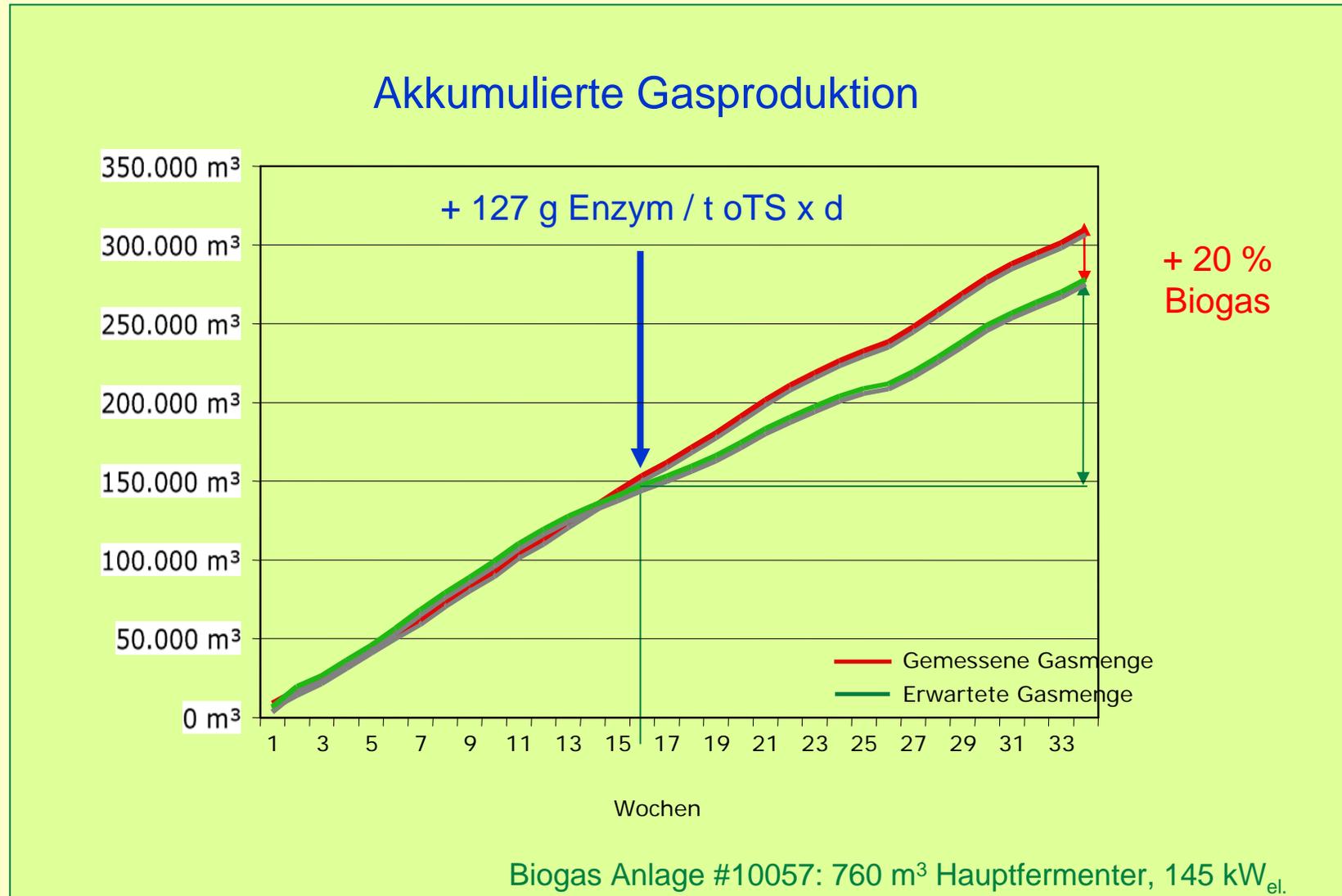


Durchschnitt



Hauptfermenter	690 m ³
BHKW	210 kW
Tägliche Substratzugabe	3,0 t TM/Tag
Temperatur	41,6 °C

Feldversuche: die praktische MethaPlus® - Anwendung

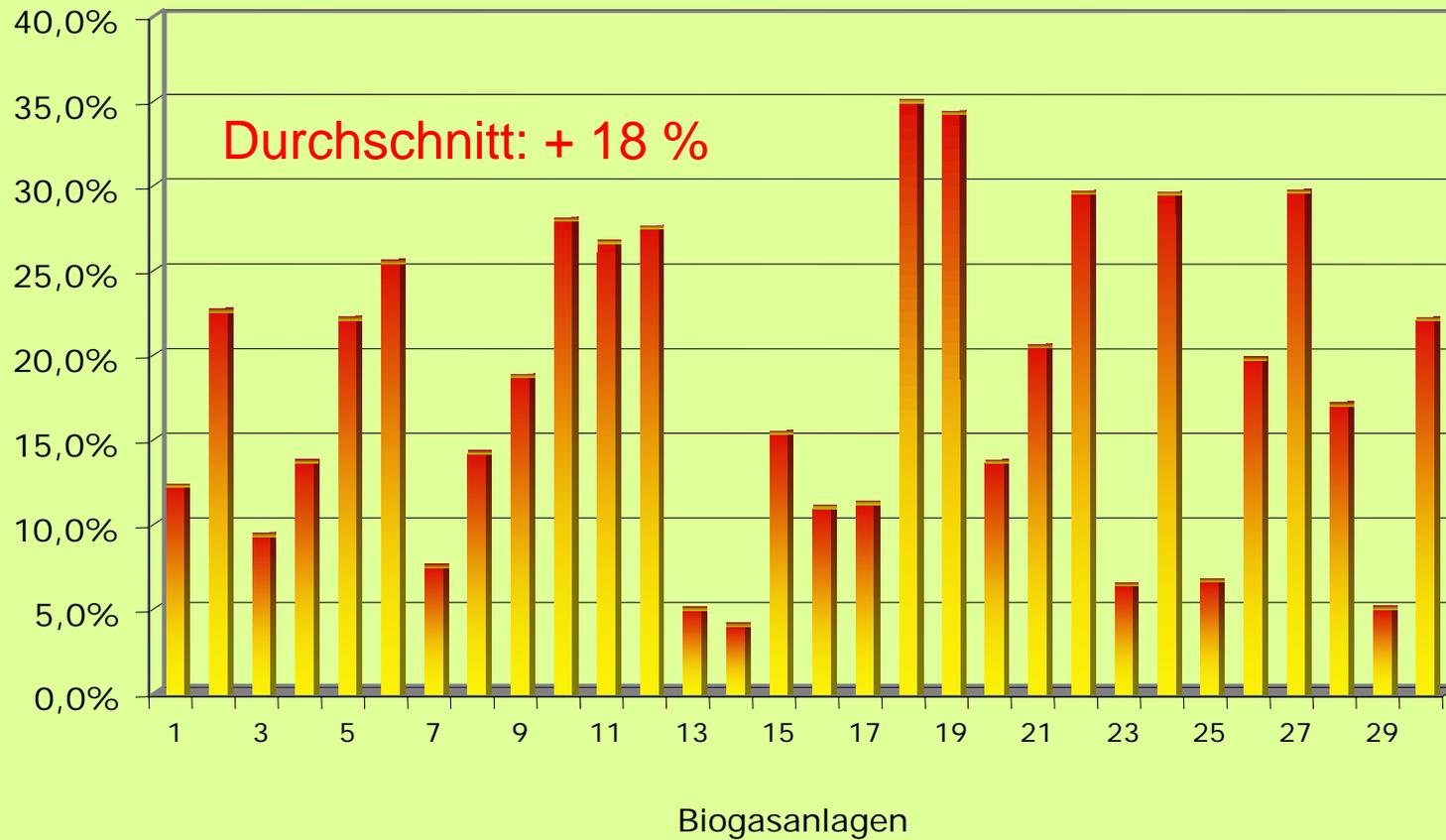


Gemessene Gasmenge: tatsächlich produziertes Gas
Erwartete Gasmenge: aus oTS errechneter Gasertrag (KTBL)

Feldversuche: die praktische MethaPlus® - Anwendung



Steigerung des Biogasertrages



Schlussfolgerungen:

Die Anwendung von MethaPlus[®] in Biogas-
anlagen ergab:

- Im Durchschnitt 18% höheren Biogasertrag
- Einsatz lohnte sich in allen getesteten Anlagen
- Höhere Produktivität der Anlagen

Die Reaktionsgeschwindigkeit:

- 18% höheren Biogasertrag bei Anwendung von 200 ppm
Enzympräparat und Verweilzeit von 42 Tagen ergibt:
ca. 80 $\mu\text{mol} / \text{min} \cdot \text{g}$ Präparat

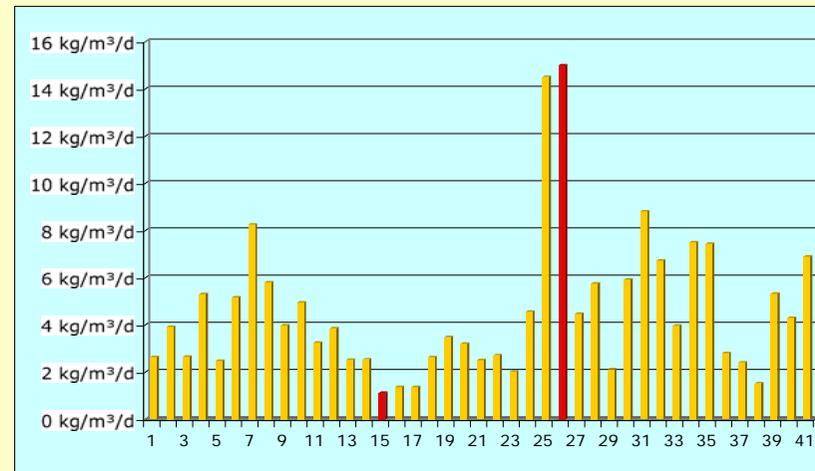
Kontakt:

Jörg P. Euler
BIOPRACT GmbH
Magnusstraße 11
12489 Berlin
www.biopract.de
euler@biopract.de
pelenc@biopract.de

Feldversuche: die praktische MethaPlus® - Anwendung

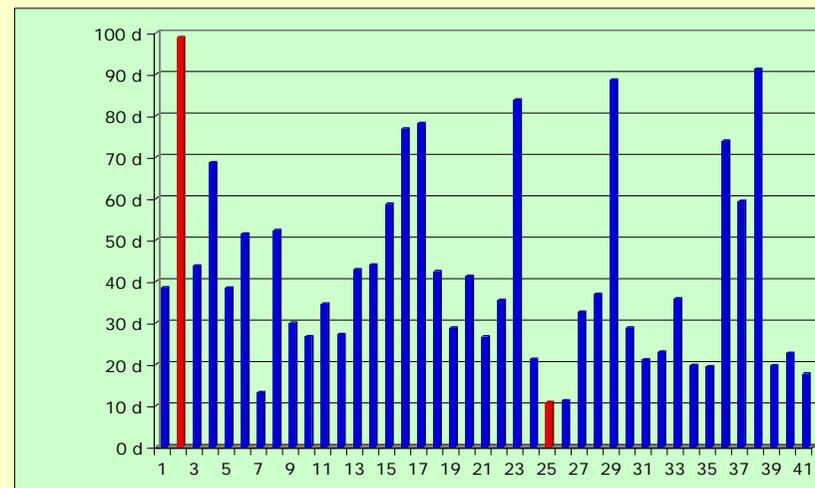
Raum-Zeit-Belastung im Hauptfermenter

Min: 1 kg oTS/m³ d
Max: 15 kg oTS/m³ d
Durchschnitt: 5 kg oTS/m³ d



Verweilzeit im Hauptfermenter

Min: 11 Tage
Max: 99 Tage
Durchschnitt: 42 Tage



Feldversuche: die praktische MethaPlus® - Anwendung



Beispiele: Gasertrag

Position	Anlage A	Anlage B
Hauptfermenter	1.000 m ³	1.500 m ³
Substrat (TS)	1.430 t/a	2.845 t/a
- Rindergülle	35 t/a	
- Maissilage	594 t/a	2.090 t/a
- Sonstiges	801 t/a	755 t/a
Enzymzugabe	470 kg/a	310 kg/a
Gasertrag unbehandelt	740.000 m ³ /a	1.900.000 m ³ /a
Gasertrag mit MethaPlus®	900.000 m ³ /a	2.200.000 m ³ /a
Steigerung der Gasproduktion	22,6%	16,5%

Feldversuche: die praktische MethaPlus® - Anwendung

Beispiele: Netto-Mehrerlös

Position	Anlage A	Anlage B
Vergütungssatz (gemäß EEG)	0,115 EUR/kWh	0,115 EUR/kWh
Stromeinspeisung unbehandelt	1.857 MWh/a	3.117 MWh/a
Stromeinspeisung mit MethaPlus®	2.276 MWh/a	3.629 MWh/a
Mehrerlös	48.000 EUR/a	59.000 EUR/a
Enzymkosten	14.000 EUR/a	9.000 EUR/a
Netto-Mehrerlös	34.000 EUR/a	50.000 EUR/a

Reaktionsgeschwindigkeit:

- 1 kg Substrat zu 18 % abgebaut = 180 g freigesetzten Zucker = 1.000.000 μmol
- Über 42 Tage x 24 x 60 = 60.480 min
- Mit 0,2 g Enzympräparat
- Geschwindigkeit = $1.000.000 / 60.480 / 0,2$
= 82 $\mu\text{mol} / \text{min} / \text{g}$ Präparat

