



# Der Einsatz des hydrolytischen Enzyms MethaPlus zur Optimierung von Biogasanlagen

Fachgespräche: Biogas – Rechtlicher Rahmen und  
Prozessbiologie  
Rosenheim 21.10.2006



*Christian Huber Geschäftsleitung*

**COWATEC GmbH**  
Schmidmühlener Str. 53  
D-93133 Burglengenfeld  
Tel.: +49 (0) 9471 / 30 75 11  
[www.cowatec.com](http://www.cowatec.com)



Gas

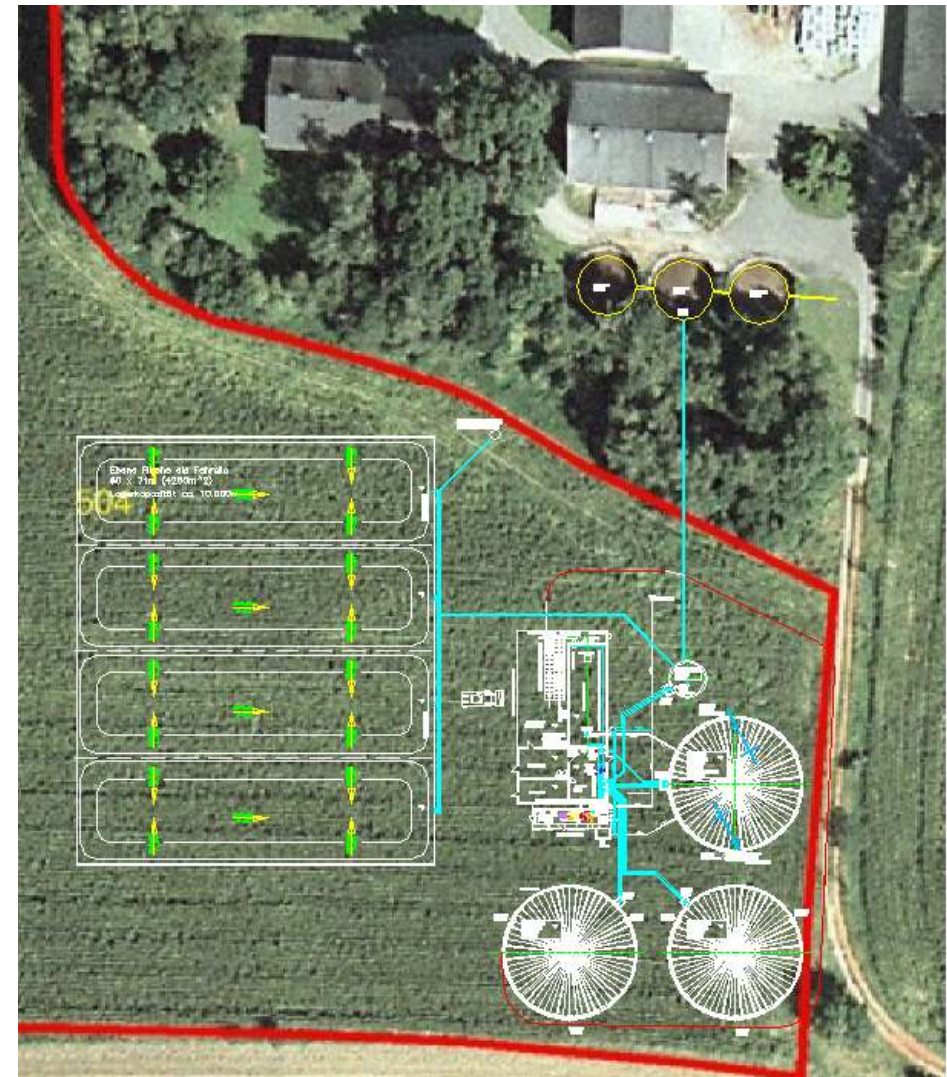
Dampf

Strom

Wärme  
Kälte

Alles  um Biogas

- Die COWATEC GmbH
- Betriebshilfsmittel
- Einsatz hydrolytischer Enzyme zur Optimierung der Biogasanlage
  - Die Rolle von Enzymen im Biogasprozess
  - Feldversuch: Praktische Anwendung von MethaPlus®



Gas

Dampf

Strom

Wärme  
Kälte

Alles *um* Biogas

# Das Unternehmen



- **Vorplanung, Genehmigungs- und Ausführungsplanung**
- **Unterstützung Finanzplanung**
- **Schlüsselfertiger Biogasanlagenbau mit Inbetriebnahme**
- **Biogasanlagen-Optimierungs-Programm (BOP) Servicekunden > 200**
- **MethaPlus® - Das Enzym für Biogasanlagen**
- **Präsenz in Deutschland, Österreich, Ungarn, Italien**
- **Gegründet 2002 / Mitarbeiter 30**



Gas

Dampf

Strom

Wärme  
Kälte

Alles  um Biogas



- **Kalk**                      **Puffer bei Übersäuerung**
  
- **Strohmehl**                **Erweiterung des C/N Verhältnisses (relevant für Abfall BGA)**
  
- **Tonminerale**              **Puffer bei Übersäuerung**  
                                      **Verbesserung der Gasqualität**
  
- **Algen**                      **Alternative biologische Entschwefelung im Fermenter**  
                                      **z.B. bei Mangel an Oberfläche für Mikroorganismen**
  
- **Eisenhydroxid**            **chem. Entschwefelung als Alternative zur biolog. Entschwefelung**  
                                      **z.B. für eine O<sub>2</sub> freie Gasaufbereitung**
  
- **Vitamine**                 **B 12 für Archebakterien**
  
- **Enzyme**                    **Biokatalysator Gärprozessbeschleuniger**  
                                      **Aufschluss nicht vergärbare Stoffe**  
                                      **Steigerung der Gesamteffizienz bzw. Produktivität**



Gas	Dampf
Strom	Wärme Kälte

Alles  um Biogas

## Die Rolle von Enzymen im Biogasprozess

### Theoretische / Praktische Biogaserträge für unterschiedliche Substrate

Futtermittel	Gas (Theorie)	Gas (Praxis)	Differenz	% ual
Inokulum	512,8 m <sup>3</sup> /to	131,0 m <sup>3</sup> /to	381,8 m <sup>3</sup> /to	25,5%
Gras (Nov.)	512,5 m <sup>3</sup> /to	143,0 m <sup>3</sup> /to	369,5 m <sup>3</sup> /to	27,9%
Rindergülle	829,9 m <sup>3</sup> /to	280,0 m <sup>3</sup> /to	549,9 m <sup>3</sup> /to	33,7%
Weizenstroh	593,9 m <sup>3</sup> /to	280,0 m <sup>3</sup> /to	313,9 m <sup>3</sup> /to	47,1%
Schweinegülle	845,5 m <sup>3</sup> /to	400,0 m <sup>3</sup> /to	445,5 m <sup>3</sup> /to	47,3%
Gerste	772,5 m <sup>3</sup> /to	575,0 m <sup>3</sup> /to	197,5 m <sup>3</sup> /to	74,4%
Grünfutter	735,6 m <sup>3</sup> /to	550,0 m <sup>3</sup> /to	185,6 m <sup>3</sup> /to	74,8%
Raps	998,2 m <sup>3</sup> /to	769,9 m <sup>3</sup> /to	228,3 m <sup>3</sup> /to	77,1%
Maissilage	725,5 m <sup>3</sup> /to	570,0 m <sup>3</sup> /to	155,5 m <sup>3</sup> /to	78,6%
Grünfutter	689,9 m <sup>3</sup> /to	550,0 m <sup>3</sup> /to	139,9 m <sup>3</sup> /to	79,7%
Heu	701,5 m <sup>3</sup> /to	580,0 m <sup>3</sup> /to	121,5 m <sup>3</sup> /to	82,7%
Gras (Mai)	708,6 m <sup>3</sup> /to	596,0 m <sup>3</sup> /to	112,6 m <sup>3</sup> /to	84,1%
Roggen	764,8 m <sup>3</sup> /to	664,0 m <sup>3</sup> /to	100,8 m <sup>3</sup> /to	86,8%
Grassilage	695,7 m <sup>3</sup> /to	627,0 m <sup>3</sup> /to	68,7 m <sup>3</sup> /to	90,1%
Weizen	777,8 m <sup>3</sup> /to	764,0 m <sup>3</sup> /to	13,8 m <sup>3</sup> /to	98,2%



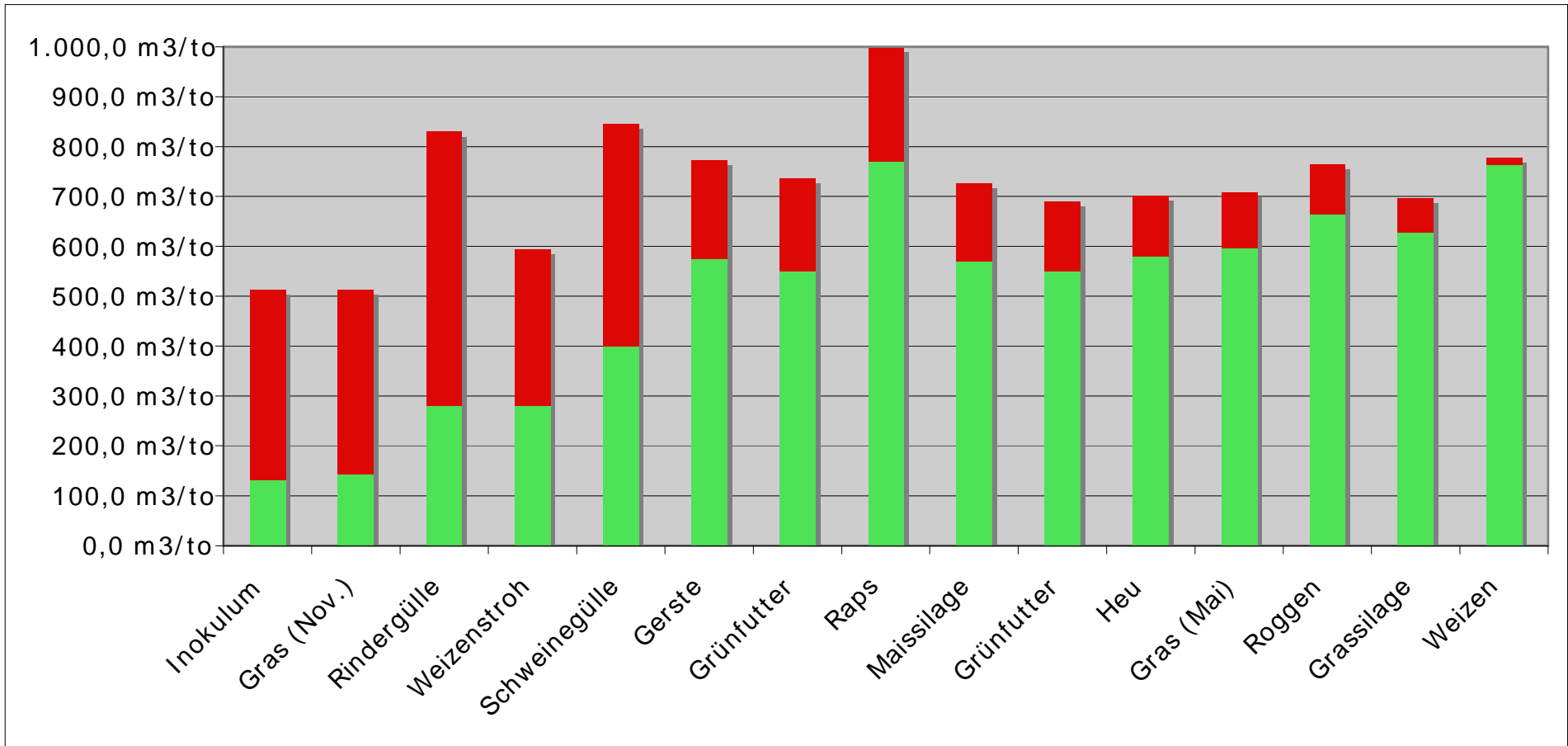
Gas	Dampf
Strom	Wärme Kälte

Alles um Biogas



## Die Rolle von Enzymen im Biogasprozess

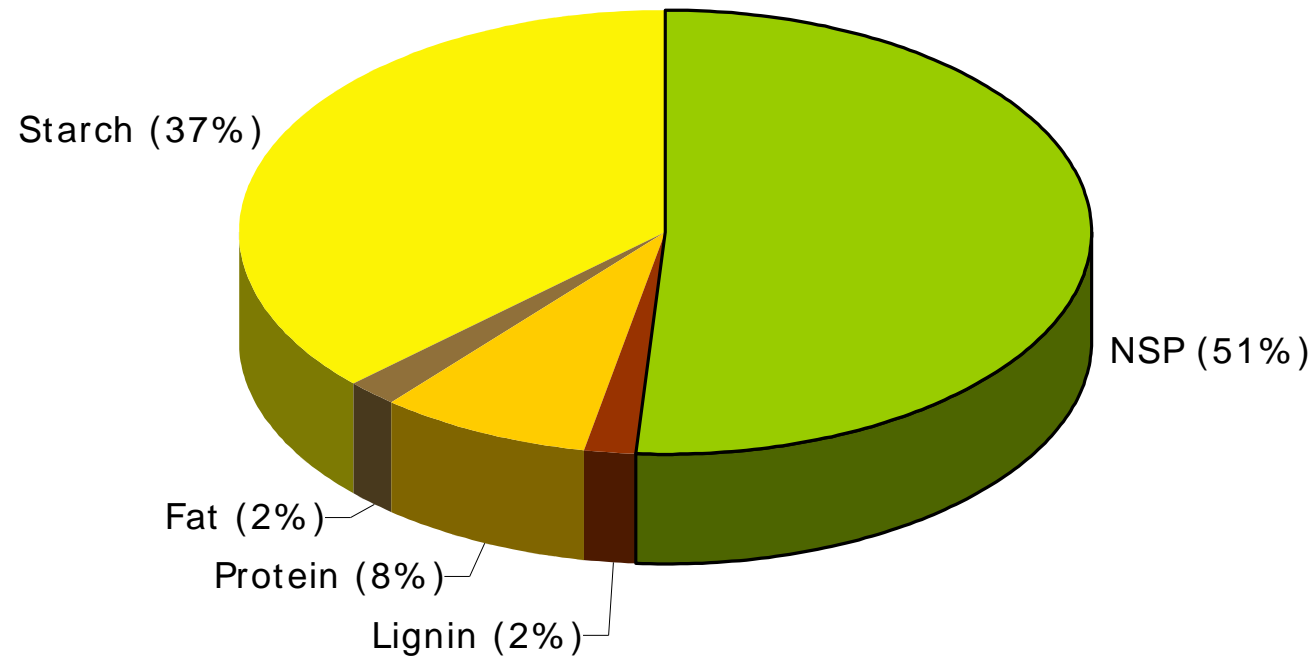
### Theoretische / Praktische Biogaserträge für unterschiedliche Substrate



Gas	Dampf
Strom	Wärme Kälte

Alles um Biogas

## Die Rolle von Enzymen im Biogasprozess



**Beispiel: Die Zusammensetzung von Maissilage**  
(NSP = Nicht Stärke Polysaccharide)



Gas	Dampf
Strom	Wärme Kälte

Alles  um Biogas

## Die Rolle von Enzymen im Biogasprozess

Wie sind die Substrate für die Biogasbildung zusammengesetzt ?  
(% organische Bestandteile in TS):

Substrat	Fette	Proteine	NSP	Sonstige
Belebtschlamm	0,9 - 2,0	1,4 - 1,8	32,0 - 43,0	30,0
Rindergülle	7,5	15,6	22,2 - 33,8	14,1
Schweinegülle	12,3	16,0	27,4	27,0
Geflügelgülle			25,0	
Grasschnitt		10,0	60,0	30,0

NSP = Nicht-Stärke-Polysaccharide



Gas

Dampf

Alles um Biogas

Strom

Wärme  
Kälte

## Die Rolle von Enzymen im Biogasprozess

- NSP sind Polysaccharide, sie erfordern für ihre Verwertung die (enzymatische) Hydrolyse zu Oligomeren / Monomeren
- NSP behindern auf Grund ihrer Struktur den Abbau enthaltener leicht abbaubarer Substanzen („Käfigeffekt“)
- NSP führen zu einem Anstieg der Viskositäten und begrenzen die möglichen Trockenmassegehalte im Fermenter (Raumbelastung)



Gas

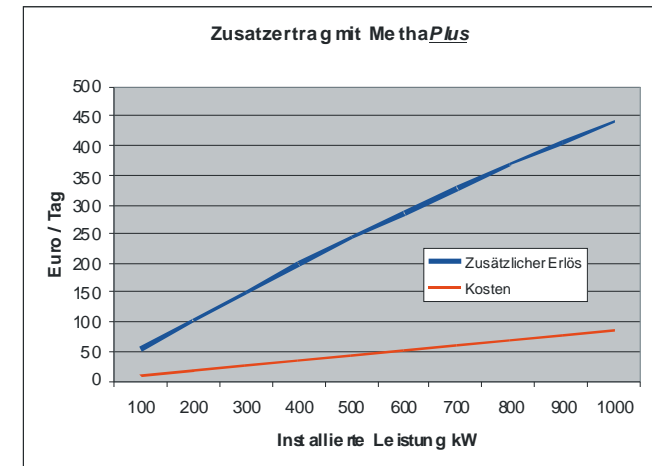
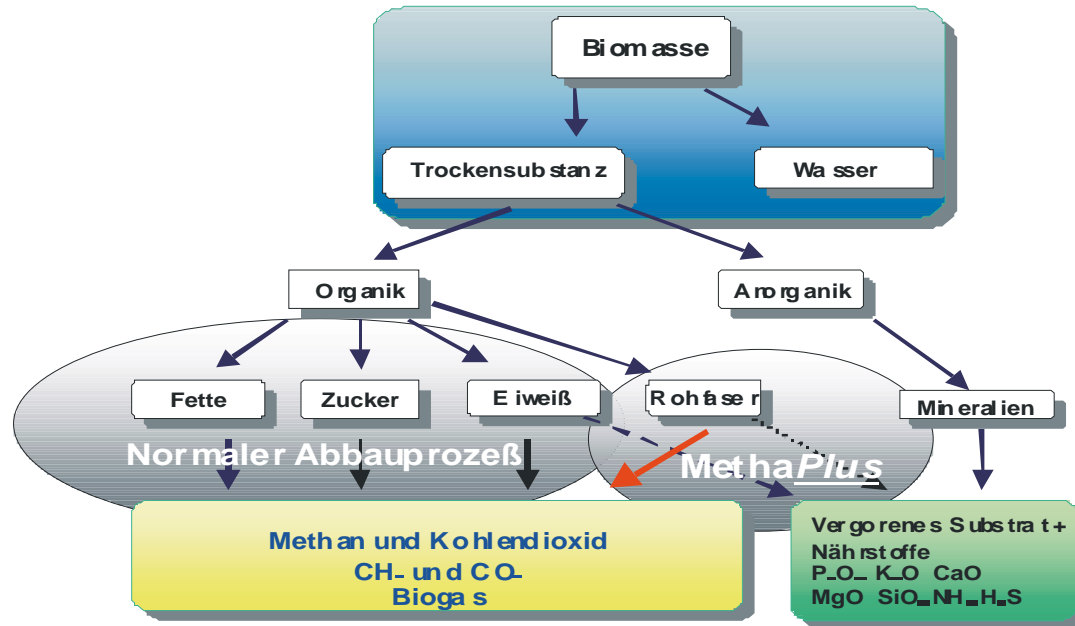
Dampf

Strom

Wärme  
Kälte

Alles  um Biogas

## Die Rolle von Enzymen im Biogasprozess



Gas	Dampf
Strom	Wärme Kälte

Alles  um Biogas

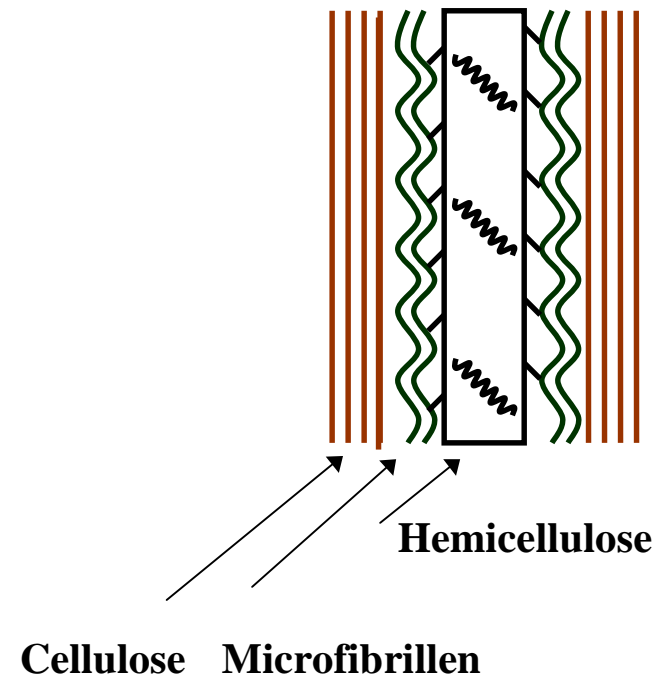
## Die Rolle von Enzymen im Biogasprozess

### Der Einsatz von NSP - spaltenden Enzymen:

- Abbau von räumlichen Strukturen
- Freisetzen von Einfachzuckern

### Damit:

- Freisetzung von Inhaltsstoffen
- Senkung der Viskositäten
- Verwertung der NSP



Gas

Dampf

Strom

Wärme  
Kälte

Alles *um* Biogas

## Die Rolle von Enzymen im Biogasprozess

Einfacher Test mit MethaPlus S/L 100 zur Spaltung von NSP – hier Zellulose von Kartonage:  
Die Wirkung nach 21 Tagen in Wasser:



ohne Enzymzugabe



mit MethaPlus S 100



Gas

Dampf

Strom

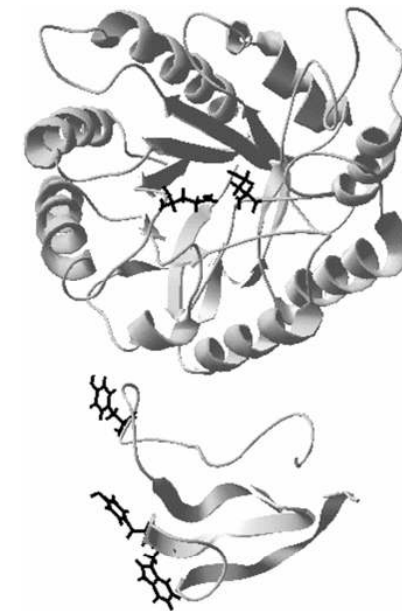
Wärme  
Kälte

Alles  um Biogas

## Die Rolle von Enzymen im Biogasprozess

### Die Wirkung von Enzymen:

- **Enzyme sind biologische Katalysatoren. Sie beschleunigen eine Reaktion, ohne selber in der Reaktion aufzugehen**
- **Enzyme sind Proteine, zusammengesetzt aus 100 bis 1.000 Aminosäuren, gefaltet, verfügen über ein „aktives Zentrum“, teilweise über separate Bindungsstelle für das Substrat**
- **Bedingt durch die Proteinstruktur sind Enzyme selber einem Abbau und damit einer Inaktivierung unterworfen**



Gas

Dampf

Strom

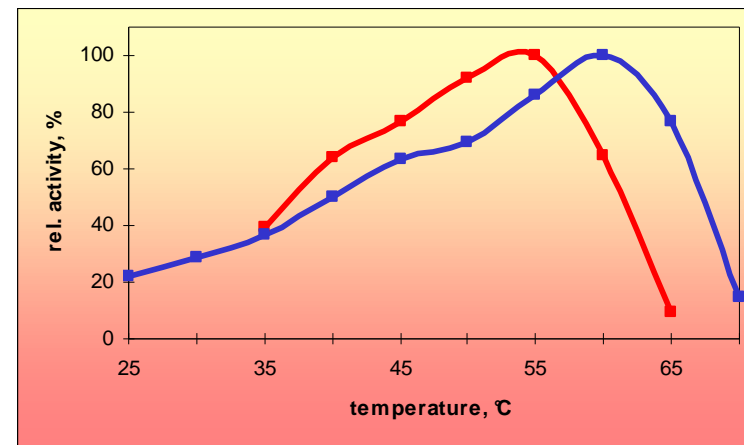
Wärme  
Kälte

Alles  um Biogas

## Die Rolle von Enzymen im Biogasprozess

### Enzyme zur Spaltung von NSP:

- Cellulasen (verschiedene)
- $\beta$  – Glucanasen
- Xylanasen
- Mannanase
- Galactosidase
- Arabinofuronosidase
- Proteasen, Peptidasen, Amidasen
- Esterasen, Lipasen



Gas

Dampf

Strom

Wärme  
Kälte

Alles *um* Biogas

## Die Rolle von Enzymen im Biogasprozess

### Die Wirkung von Enzymen:

- Enzyme sind keine Mikroorganismen!
- Enzyme stellen Mikroorganismen vergärbare Substanzen zur Verfügung:

**Ausgangsstoff:**

**Enzyme:**

**Produkte:**

**Fette**

**Lipasen/Esterasen**

**Fettsäuren**

**Proteine**

**Proteinasen**

**Aminosäuren**

**Stärke**

**Amylasen**

**Einfachzucker**

**NMP**

**Cellulasen,**

**Einfachzucker**

**Xylanasen,  $\beta$ -Glucanasen**



Gas

Dampf

Strom

Wärme  
Kälte

Alles  um Biogas



# MethaPlus® Grundlagen



## Die Rolle von Enzymen im Biogasprozess



Die Herstellung technischer Enzyme



Gas	Dampf
Strom	Wärme Kälte

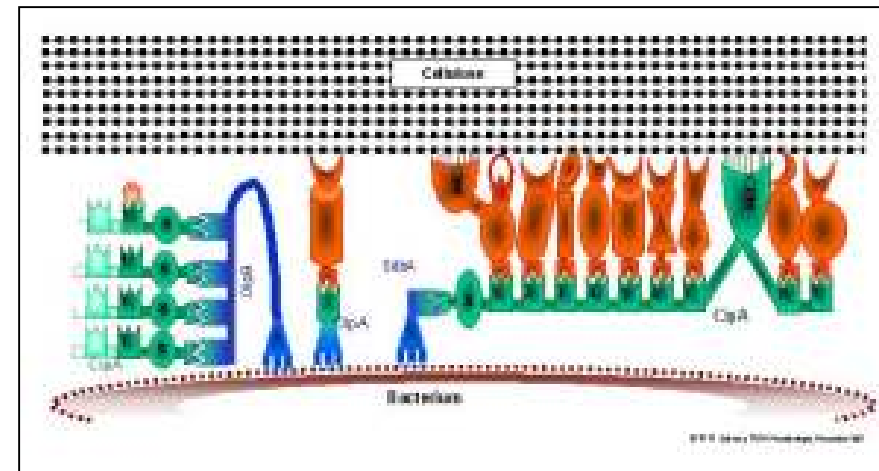
Alles um Biogas



## Die Rolle von Enzymen im Biogasprozess

Worauf basiert die Bildung von Enzymen im anaeroben System:

- Der Stoffwechsel hat eine wesentlich geringere Energieausbeute
- Bildung von Cellulasen „auf Verdacht“ energetisch nicht machbar
- Zellwand gebundener Enzymkomplex - „**Cellulosom**“
- Reaktion gebunden an die Zellwand durch Bindung, Spaltung und Aufnahme durch die MO



Gas

Dampf

Strom

Wärme  
Kälte

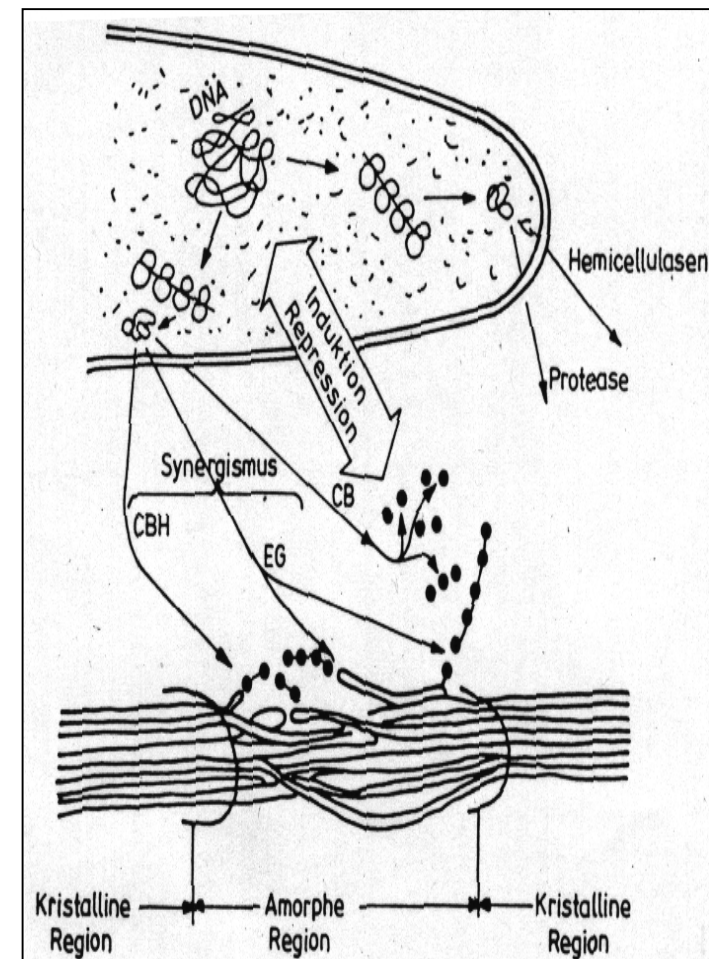
Alles  um Biogas

## Die Rolle von Enzymen im Biogasprozess

Worauf basiert die Bildung von Enzymen im aeroben System:

- Induzierung der Cellulasebildung durch das Fehlen leicht verwertbarer Substrate / Anwesenheit von Cellulosen
- Ausschleusung aus der Zelle Hydrolyse des Substrates
- Aufnahme der Spaltprodukte durch die Zelle (Monomere)

=> **Basis für die Enzymproduktion**

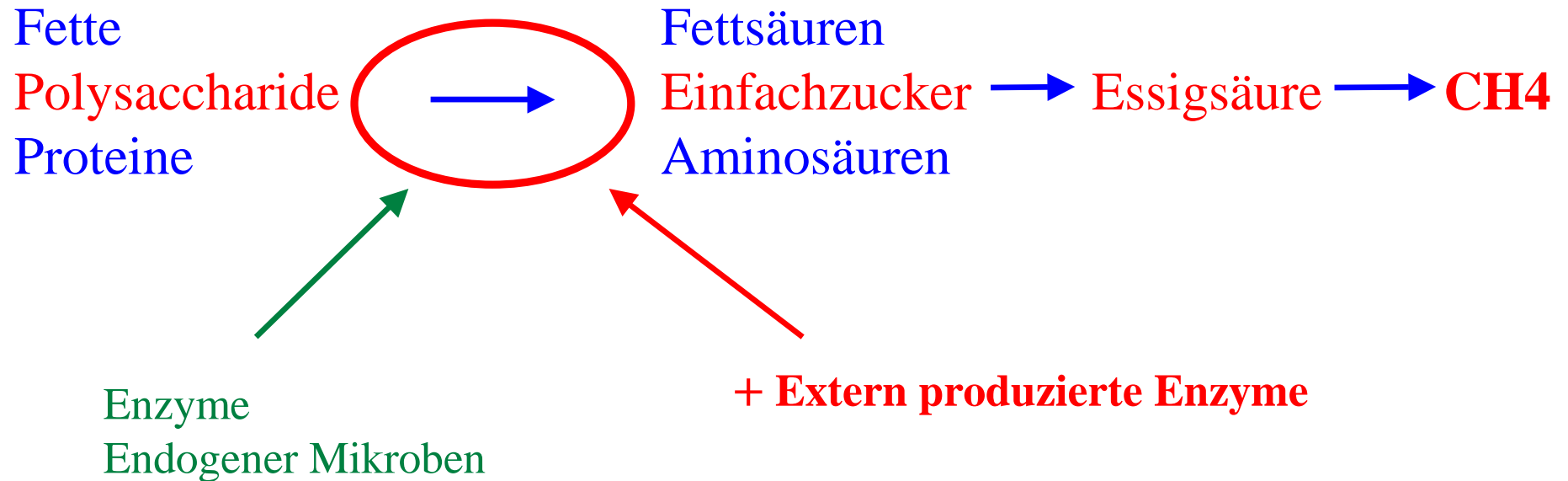


Gas	Dampf
Strom	Wärme Kälte

Alles um Biogas

## Die Rolle von Enzymen im Biogasprozess

- Enzyme sind der Schlüssel für die Hydrolyse polymerer Substrate
- Können extern produzierte Enzyme den hydrolytischen Mikroorganismen helfen?

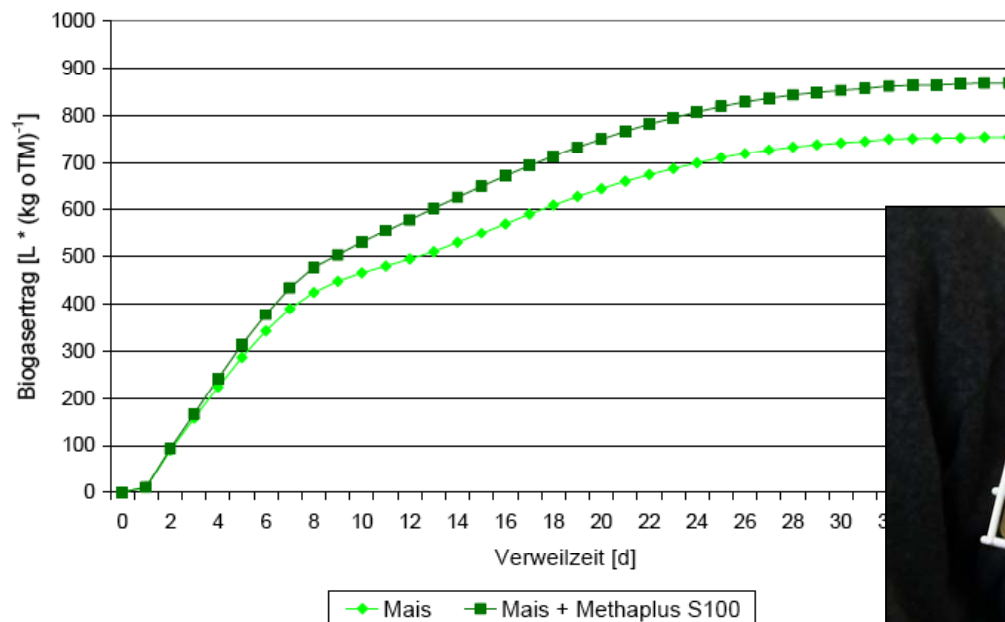


Gas	Dampf
Strom	Wärme Kälte

Alles um Biogas

## Die Rolle von Enzymen im Biogasprozess

- Anwendung von Multikomponentenenzymen zur Hydrolyse von Pflanzenbiomasse, basierend auf dem Produktionsstamm *Trichoderma reesei*
- Positive Resultate unabhängigen Forschungseinrichtungen (Z.B. LfL, VTA, HU Berlin, etc.)



↕ + 15 % Biogas



Gas  
Strom  
Wärme  
Kälte

# MethaPlus® Grundlagen

## Der Einsatz von MethaPlus S/L 100 in der Biogasanlage:



- Nicht toxisch
- Nicht gesundheitsgefährdend
- 100 %ig abbaubar
- 1 x tägliche Zugabe
- keine Installationen
- bei sorgfältiger Handhabung keine Lagerungsprobleme mind. 1 Jahr



Gas

Dampf

Strom

Wärme  
Kälte

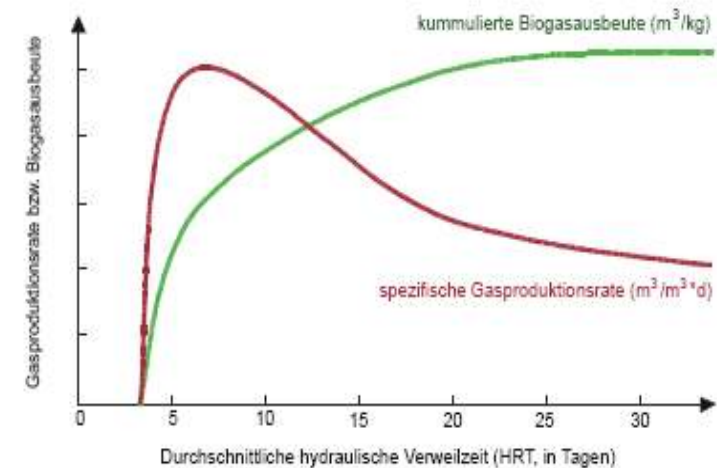
Alles  um Biogas



Primäres Ziel ist,

aus einer guten Biogasanlage eine noch bessere Biogasanlage zu machen:

- durch Steigerung der Produktivität bzw. in kürzer Zeit mehr Biogas produzieren,
- durch schnelleren und intensiveren Aufschluss der Biomasse,
- um Substratkosten zu minimieren,
- sowie die knappen Faktoren besser auszulasten.



Gas

Dampf

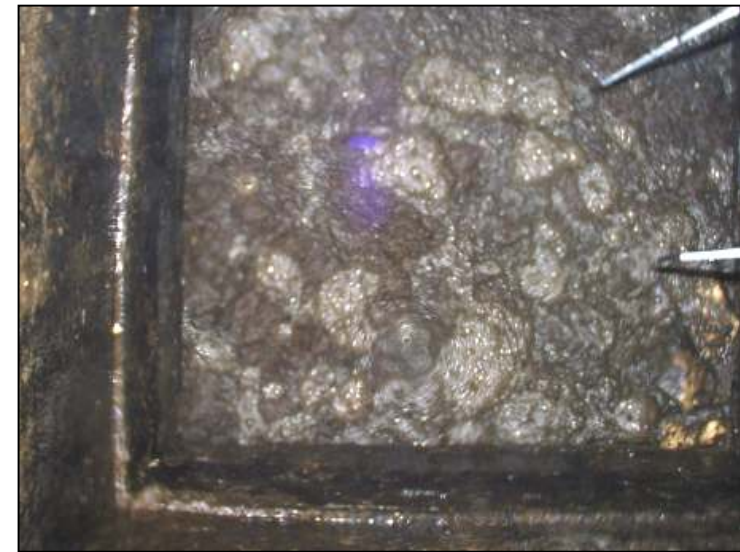
Strom

Wärme  
Kälte

Alles *um* Biogas

## MethaPlus® zum lösen von Problemen:

- Auflösen von Schwimmschichten im Fermenter
- Freilegen von verstopften Überläufen
- Vermeidung von massiven Schwimmdecken im Endlager
- Auflösen & Verflüssigen massiver Feststoffhaufen (GPS, Heu, Grassilage, Festmist)
- Stabilisieren der Prozessbiologie
- Einsparen von Rezirkulat
- Vermeidung von extremen Verschleiß an der Rühr- und Pumptechnik



Gas

Dampf

Strom

Wärme  
Kälte

Alles  um Biogas



# MethaPlus® Feldversuch



Wege, die Biogasbildung zu steigern durch:

- Verbesserung der Anlagentechnik
- Optimierung der Futterstrategie (TMR)
- Prozessüberwachung- und Management
- **Verbesserung der Substratverwertung mit Betriebsmitteln (MethaPlus®)**



Gas

Dampf

Strom

Wärme  
Kälte

Alles  um Biogas

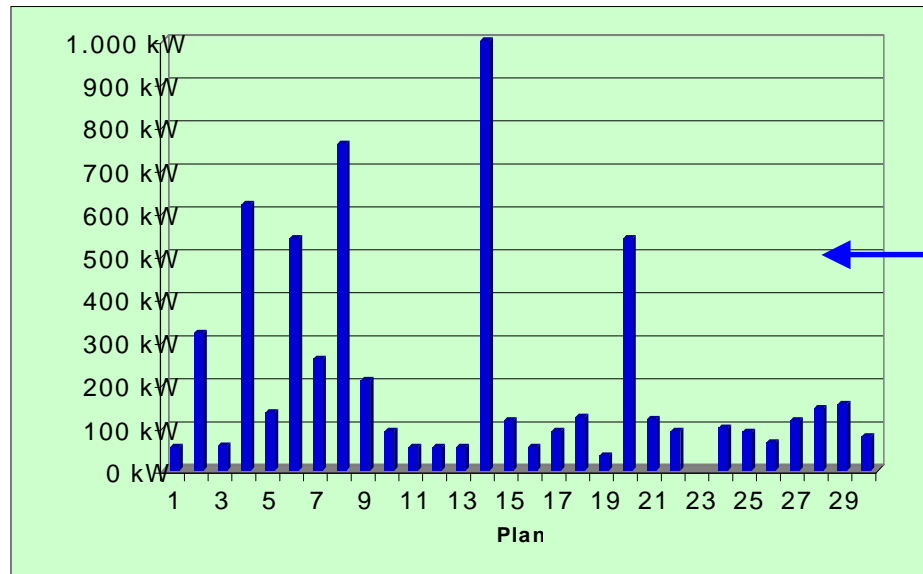




# MethaPlus® Feldversuch



## Teilnehmer



### 30 Biogas plants in the field trial

	Average
Main fermentor	690 m <sup>3</sup>
Block power plant	210 kW
Daily substrate input	3,0 t DM/d
Temperature	41,6 °C



Gas	Dampf
Strom	Wärme Kälte

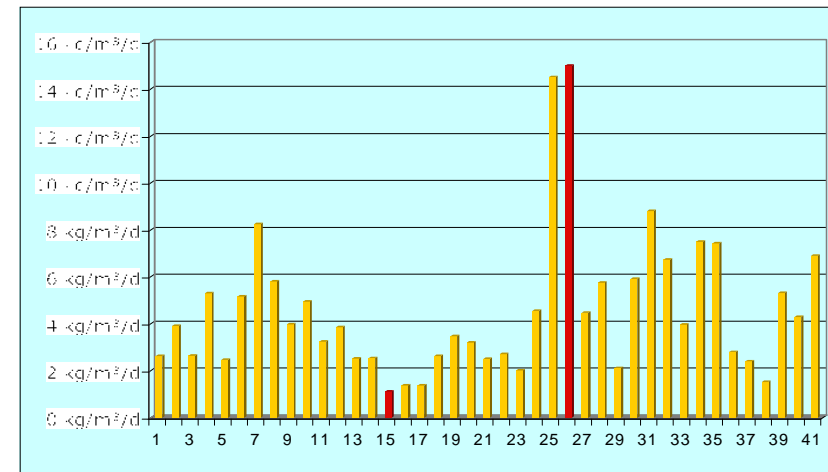
Alles um Biogas



## Die Anwendung von MethaPlus®

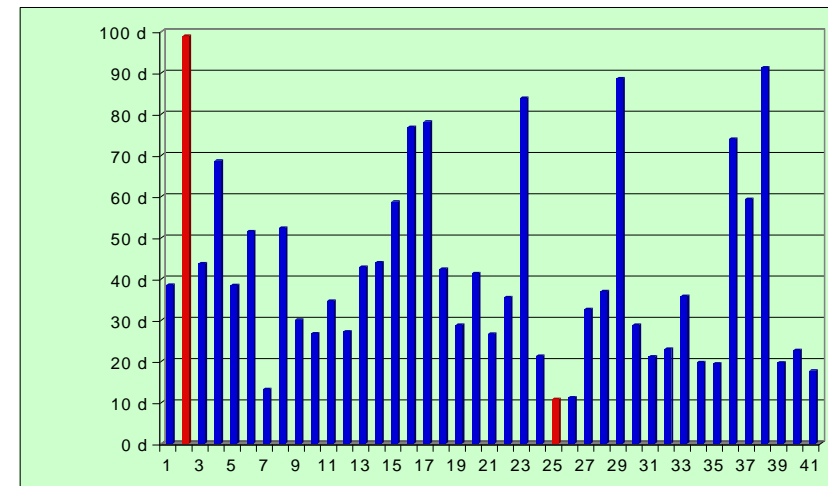
### Raumbelastung im Hauptfermenter

Min: 1 kg oTM/m<sup>3</sup> d  
 Max: 15 kg oTM/m<sup>3</sup> d  
 MW: 5 kg oTM/m<sup>3</sup> d



### Verweilzeit im Hauptfermenter

Min: 11 Tage  
 Max: 99 Tage  
 MW: 42 Tage



Gas	Dampf
Strom	Wärme Kälte

Alles  um Biogas

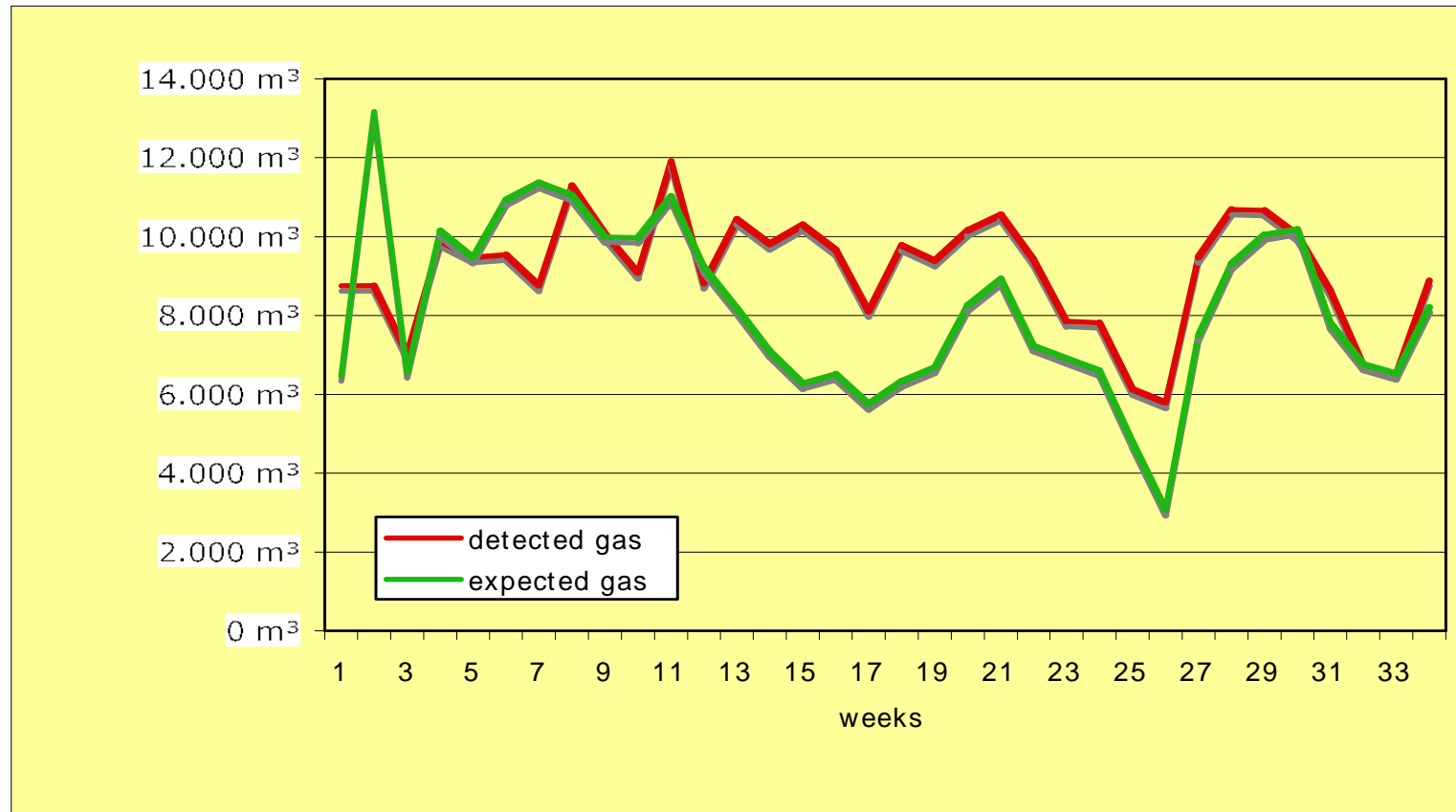


# MethaPlus® Feldversuch



Biogasanlage #10057: 760 m<sup>3</sup> Hauptermentor, 145 kWel.

## Wöchentliche Gasproduktion



Gemessene Gasproduktion: Realisierte Gasproduktion

Erwartete Gasproduktion: Gasertrag kalkuliert auf der Basis von oTM

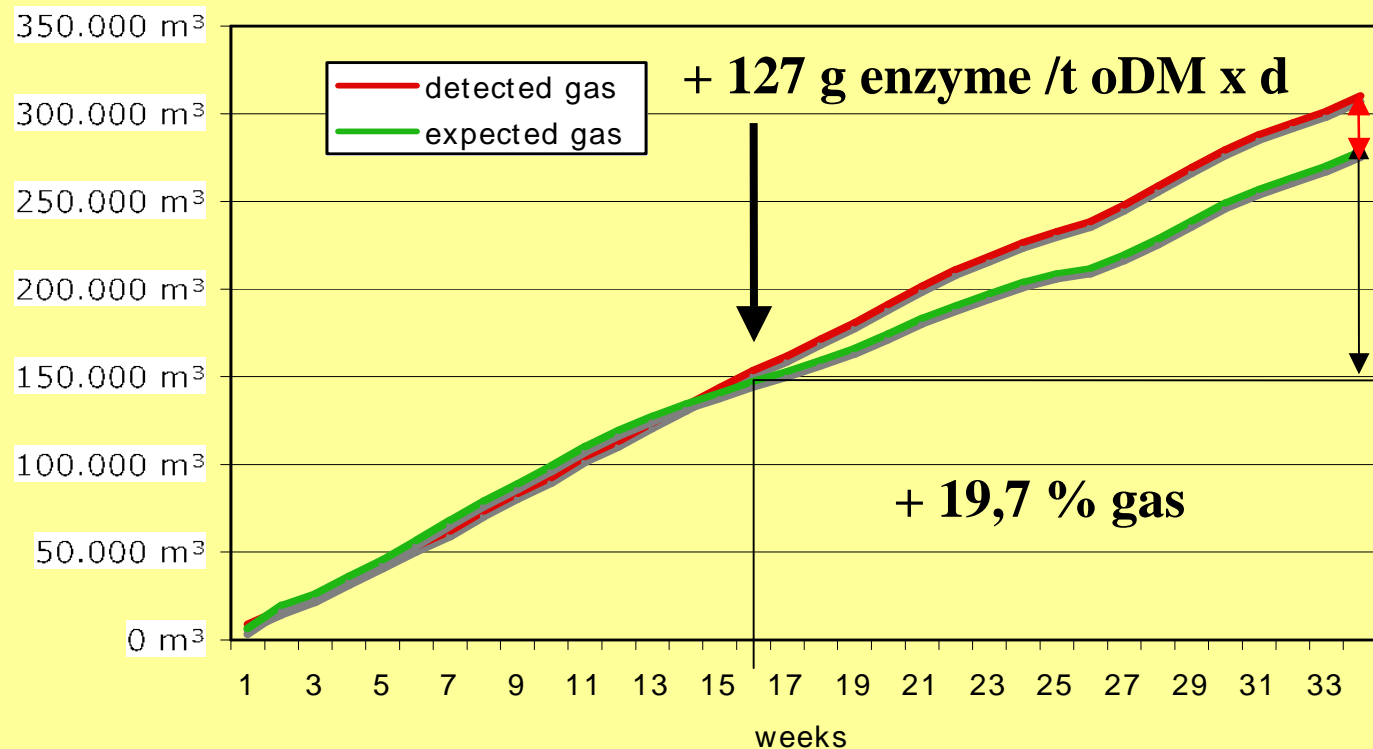


Gas	Dampf
Strom	Wärme Kälte

Alles um Biogas



## Akkumulierte Gasproduktion



Biogas plant #10057: 760 m<sup>3</sup> main fermentor, 145 kWel.

Gemessene Gasproduktion: Realisierte Gasproduktion

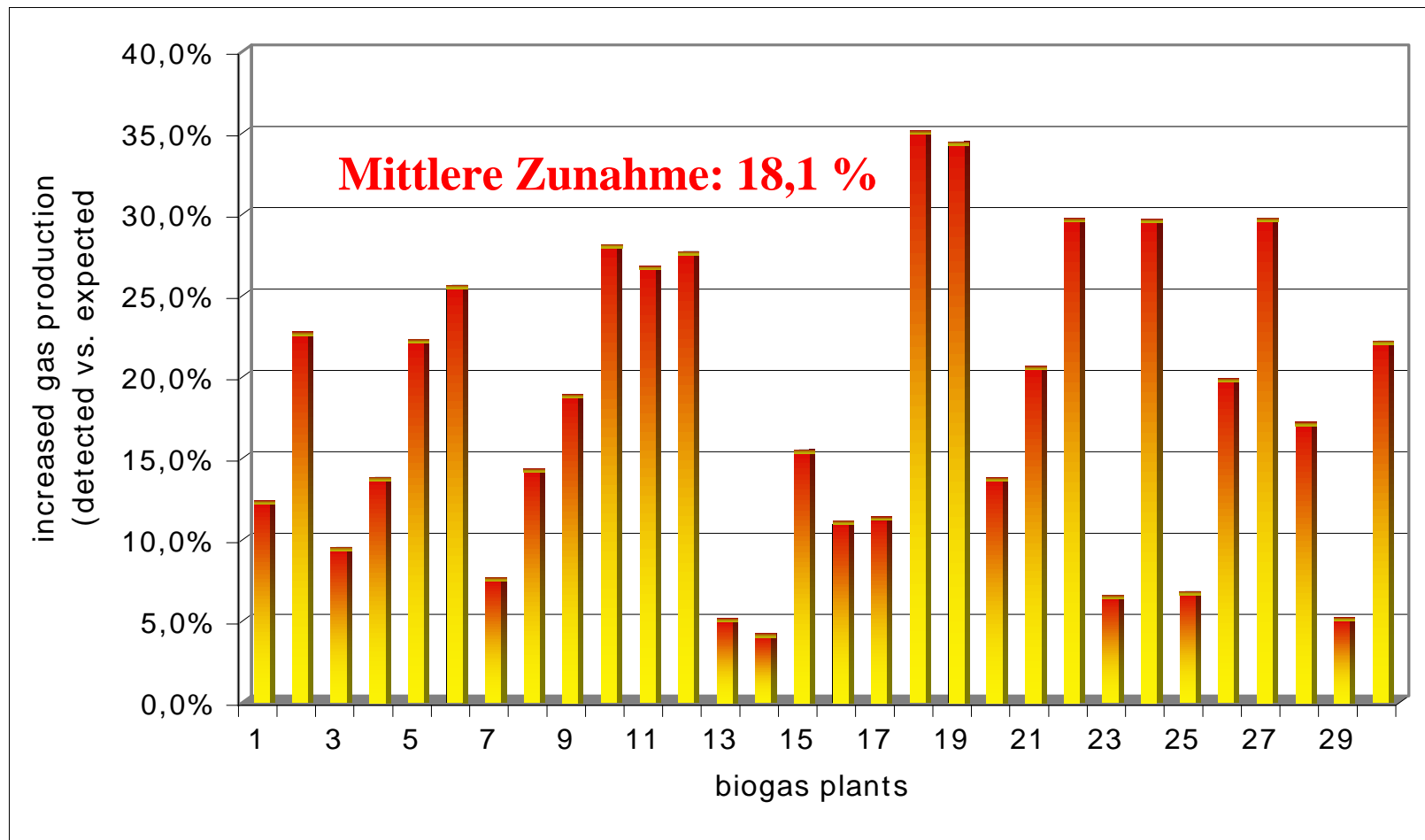
Erwartete Gasproduktion: Gasertrag kalkuliert auf der Basis von oTM



Gas	Dampf
Strom	Wärme Kälte

Alles  um Biogas

## Gemessene Zunahme der Gasproduktion



Gas	Dampf
Strom	Wärme Kälte

Alles um Biogas

# MethaPlus® Feldversuch



Ergebnis in Abhängigkeit von der Dosierung:

**Beispiel A: dreifache Dosierung**

**Beispiel B: einfache Dosierung**

Increase of gas production by application of **MethaPlus** S/L 100  
(2 examples from praxis)

Position	Plant A	Plant B
Plant size (Main fermentor)	1.000 m <sup>3</sup>	1.500 m <sup>3</sup>
Substrat (dry matter)	1.430 t/a	2.845 t/a
- Cow manure	35 t/a	
- Corn silage	594 t/a	2.090 t/a
- Crap	713 t/a	
- Bio waste ("Grüne Tonne")		495 t/a
- Others	88 t/a	260 t/a
Enzyme added	470 kg/a	310 kg/a
Gas production (without <b>MethaPlus</b> )	740.000 m <sup>3</sup> /a	1.900.000 m <sup>3</sup> /a
Gas production (with <b>MethaPlus</b> )	900.000 m <sup>3</sup> /a	2.200.000 m <sup>3</sup> /a
<b>Increase of gas production</b>	<b>22,6%</b>	<b>16,5%</b>



Gas	Dampf
Strom	Wärme Kälte

Alles um Biogas



## Kosten-Nutzen-Effekt:

Beispiel A: 1 : 3

Beispiel B: 1 : 6

Economic calculation for application of MethaPlus<sup>®</sup> S/L 100  
(2 examples from praxis)

Position	Plant A	Plant B
Allowance (EEG)	0,115 EUR/kWh	0,115 EUR/kWh
Profit	48.000,00 EUR/a	59.000,00 EUR/a
Cost for enzyme	14.000,00 EUR/a	9.000,00 EUR/a
<b>Netto profit</b>	<b>34.000,00 EUR/a</b>	<b>50.000,00 EUR/a</b>

**Das Ergebnis ist auch abhängig von der Art der Einsatzstoffe.  
Je größer der Anteil an strukturreichen Rohfaserbestandteilen,  
desto effektiver wirkt MethaPlus®.**



Gas	Dampf
Strom	Wärme Kälte

Alles um Biogas

# MethaPlus® Feldversuch



Einsatzstoffe	TS-Gehalt	spez. Biogasertrag m³/to TS	Menge in t	TS-Gehalt to	theor. Biogasertrag m³	Gasertrag pro t FM	rel. Gasertrag je Einsatzstoff
<b>Feststoffe:</b>							
MethaPlus	85,0%	750	556 g/d	0,0004726	0,35445	637,5	0,01%
Rindergülle	9,0%	280	9	0,81	226,8	25,2	7,68%
Hähnchenmist	78,0%	450	2	1,56	702	351	23,78%
Maissilage	31,0%	600	5	1,55	930	186	31,50%
Tritecaleschrot	85,0%	700	1	0,85	595	595	20,15%
LKS Mais	54,0%	700	1	0,54	378	378	12,80%
Sudangras	25,0%	480	1	0,25	120	120	4,06%
<b>Flüssigstoffe:</b>							
Rezirkulat	5,5%	0	30	1,65	0	0	0,00%
<b>Summe - Menge FM in to:</b>					19,00 t		100,00%
<b>Summe - Biogasertrag:</b>					2.952,15 m³		
<b>Summe - TS:</b>					5,56 to/d		
<b>TS-Gehalt in %</b>					29,27%		
<b>Gasertrag m³/t Frischmasse</b>					155,38 m³ BG/t FM		
<b>Gasertrag m³/t TS</b>					530,92 m³ BG/t TS		



Gas	Dampf
Strom	Wärme Kälte

Alles um Biogas



# MethaPlus® Feldversuch



	Beispiel 1	Beispiel 2
BHKW - Leistung:	224 kW	246 kW
TS-Gehalt:	29,27 % TS	29,27 % TS
Substratzugabe	19,00 t	19,00 t
durchschn. Gasbildungsrate	155,38 m³ BG/t FM	155,38 m³ BG/t FM
Biogasertrag ohne MethaPlus (m³/d)	2.952	2.952
Steigerung mit MehtaPus (%)	<b>0</b>	<b>10</b>
<b>Biogas - Mehrertrag (m³/d)</b>	<b>0</b>	<b>295</b>
Biogas - Mehrertrag / Jahr (m³/a)	0	107.754
Mehrertrag Strom* (€/a)	0	31.378

MethaPlus S 100 Bedarf

Dosierung 100 g/t TS/d Zulauf => kg/a	203,0	203,0
Preis MethaPlus 31,80 €/kg => €/a	6.454	6.454
<b>Gewinn (€/a)</b>	<b>-6.454</b>	<b>24.924</b>
Kosten - Nutzen - Effekt: 1 :	<b>0</b>	<b>5</b>

Beispiel 1:	52%	Methangehalt	35%	Wirkungsgrad BHKW
	10 kWth.	Heizwert je m³ Methan	16,00 Cent/kWel.	Vergütung für Strom

Beispiel 2:	52%	Methangehalt	35%	Wirkungsgrad BHKW
	10 kWth.	Heizwert je m³ Methan	16,00 Cent/kWel.	Vergütung für Strom



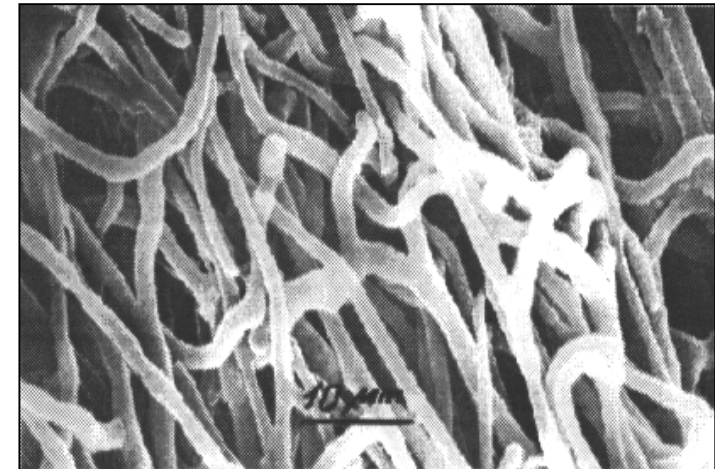
Gas	Dampf
Strom	Wärme Kälte

Alles um Biogas



## Zusammenfassung:

- Der Biogasertrag steigt zwischen 3 und 35% (MW:18 %)
- Die Wirtschaftlichkeit wurde in allen Biogasanlagen erreicht
- Das Kosten - Nutzen Verhältnis betrug im Mittel 1:6
- Die Anwendung von MethaPlus ist ein wichtiger Schritt zur signifikanten Steigerung der Produktivität von Biogasanlagen



Gas

Dampf

Strom

Wärme  
Kälte

Alles  um Biogas

## Aktuelle F & E - Aktivitäten

### Was:

- Bessere Nutzung von faserreichen Substraten
- Höhere Produktivität von Biogasanlagen durch Reduzierung der Verweilzeit ( $< 10$  d) und die Steigerung der Raumbelastung ( $> 15$  kg/m<sup>3</sup>d)
- Verbesserte Prozessstabilität durch Senkung der Viskosität

### Wie:

- Optimierung der Zusammensetzung von Enzympräparaten
- Aufklärung der Bedeutung von Nebenaktivitäten von Enzympräparationen im Hydrolyseprozess
- Optimierung der Biogasproduktion durch Ausnutzung des Potenzials der enzymatischen Hydrolyse



Gas

Dampf

Strom

Wärme  
Kälte

Alles  um Biogas

## Definition von Prozess- bzw. Betriebshilfsmitteln

Es darf aus dem Hilfsmittel selbst keine nennenswerte Menge an Biogas entstehen.

## Dazu der FvB bei der Jahrestagung 2006 in Hannover:

(Auszug aus dem Tagungsband)

„Der Einsatz von Betriebshilfsmitteln:

Betriebshilfsmitteln (Enzyme, Spurenelemente, Algenpräparate) werden aus verfahrenstechnischen Gründen beispielsweise zur Effizienzsteigerung eingesetzt. Sie dienen nicht als klassischer Einsatzstoff zur Gasgewinnung, auch wenn teilweise messbare Mengen Biogas (und damit Strom) aus ihnen selbst entstehen. **Für einen gezielten Einsatz als Gärsubstrat sind die Dosiermengen zu gering und ihre Kosten zu hoch.**

Werden Betriebshilfsmittel eingesetzt, empfiehlt es sich, die Einsatzmengen lückenlos nachzuweisen (Betriebstagebuch). Weiterhin kann es von Vorteil sein, die Geringfügigkeit der Gasproduktion per Gärversuch nachzuweisen. Dadurch kann dem Verdacht des Missbrauchs von vorneherein begegnet werden. Oft liegen entsprechende Unterlagen vom Hersteller vor.“



Gas	Dampf
Strom	Wärme Kälte

Alles  um Biogas

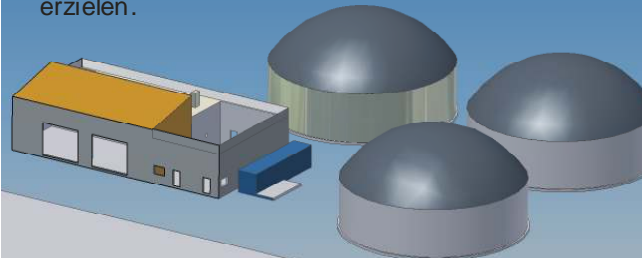


## Biogasanlagen Optimierungsprogramm

### Analysen

Deutschlandweit können wir Ihnen den Service der Probenahme und Analyse von Einsatzstoffen, Gärsubstrat und Gärrest anbieten. Verfälschungen durch unsachgemäßen Transport werden hierdurch vermieden.

Mit unserer langjährigen Erfahrung helfen wir Ihnen, eine höhere Leistung aus Ihren Einsatzstoffen zu erzielen.



Durch Simulation des Prozesses und eine angepasste Überwachung der Anlagenvorgänge, können Leistungsreduzierungen vermieden werden.

- Analysen von Einsatzstoffen
- Analysen von Fermenterhalten
- Biologische Anlagenoptimierung
- Technische Anlagenoptimierung
- Fütterungsoptimierung
- Full-Service für Biogasanlagen

## Mehr Effektivität aus Ihrer Biogasanlage



Gas	Dampf
Strom	Wärme Kälte

Alles um Biogas



**Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit !**



**Kontakt:**

**COWATEC GmbH  
Schmidmühlener Str. 53  
D - 93133 Burglengenfeld  
T: +49 (0) 9471 – 30 75 11  
F: +49 (0) 9471 – 30 75 10  
Mail: [info@cowatec.com](mailto:info@cowatec.com)**



Gas	Dampf
Strom	Wärme Kälte

Alles um Biogas