

# **NRW Energiepflanzentagung: Biogas – Alternativen zu Mais**

## **Rüben als Alternative zu Mais**

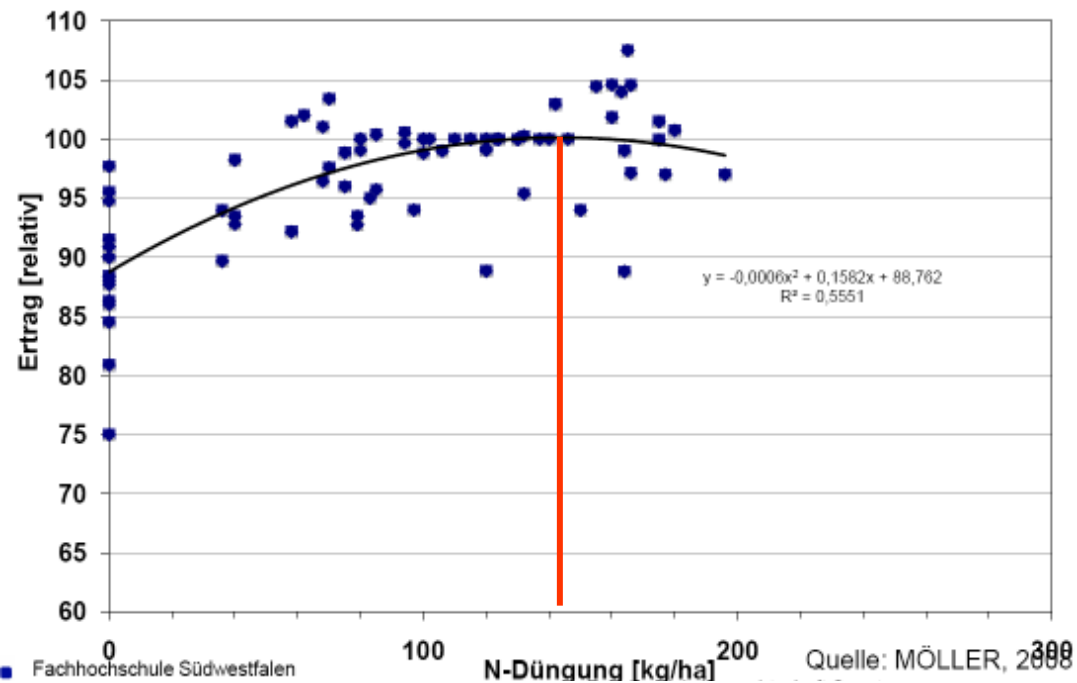
**Haus Düsse, 26.05.2010**

Dr. Arne Dahlhoff

## Produktion / Aufbereitung / Konservierung ...



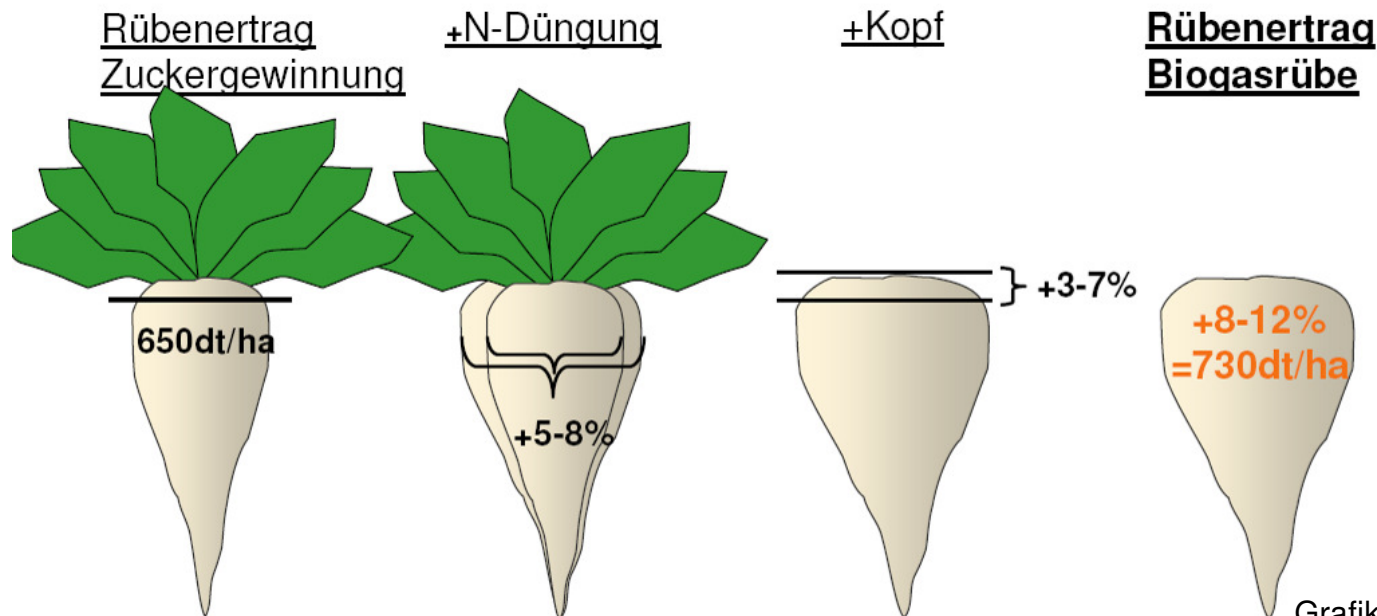
- Bisher sind keine speziellen „Energierüben“ gezüchtet worden
  - Standortangepasste, ertragreiche Standardsorten werden verwendet
  - Ziel: hoher Trockenmasseertrag je Hektar
- Qualitätsparameter der Zuckerindustrie spielen keine Rolle
  - Düngung kann gesteigert werden um höhere Erträge (~+ 5%) zu erzielen
  - Vorsicht: übermäßiges N-Angebot führt zu verstärktem Blattwachstum



# Ernte



- Ernte mit den üblichen Rodeverfahren
- Bergung des Blattes in der Praxis schwierig und häufig nicht wirtschaftlich
- Anstelle des „Köpfens“ kann das „Entblatten“ den Ertrag steigern und die Lagereigenschaften (Lagerung als ganze Rübe) verbessern



Grafik: v. Felde, KWS



# Nutzung und Verarbeitung der Zuckerrübe

<p><b>Rodung</b></p>			<p>Rodung der Zuckerrüben mit Kopfansatz unter Berücksichtigung der technischen Möglichkeiten und dem Lagerungskonzept</p>		
<p><b>Ab Feldrand</b></p>	<p>Überladung ohne Vorreinigung unter besten Rodebedingungen</p>	<p>2–3 Tage Lagerung als Feldrandmiete und trockene Vorreinigung mit Maus oder Ladeband ab Feldrand</p>	<p>2–4 Mon. Lagerung als Feldrandmiete (je nach Witterung und Abdeckung bis Mitte März denkbar), anschließend trockene Vorreinigung mit Maus oder Ladeband ab Feldrand</p>	<p>Nassabreinigung und Entsteinung am Feldrand</p>	
					
<p><b>Transport mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen oder LKW zur Biogasanlage</b></p>					
<p><b>Auf der Anlage</b></p>	<p>Annahme und Trockenenterdung mit einem Schüttbunker</p>	<p>Abkippen der Rüben auf der Anlage</p>	<p>Nassabreinigung und Entsteinung auf der Biogasanlage</p>	<p>Wäsche täglicher Fütterungsmengen mit spezieller Frontladerschaufel</p>	
					
<p><b>Weiterverarbeitung</b></p>	<p>Tageweises Häckseln ungewaschener, steinfreier Rüben mit Häcksel-schaufel</p>	<p>Verbreitung</p>	<p>Häckseln großer Mengen, beispielsweise mit Holz-/Kompostschredder</p>	<p>Zerkleinerung mit Misttreuer und Einbringung zur Mischsilage</p>	<p>Einbringen unzerkleinerter Zuckerrüben in Mischung mit Mais und Entnahme mit dem Futtermischwagen</p>
					
<p><b>Konser- vierung</b></p>	<p>Verarbeitung frisch</p>	<p>Sillierung unzerkleinerter Zuckerrüben im AG-BAG Follenschlauch</p>	<p>Lagerung von Rübenbrei im Edelstahl-Hochsilo</p>	<p>Mischsilage mit Silomais, zerkleinert oder unzerkleinert (Futtermischwagen)</p>	<p>Mischsilage mit Lieschkolbenschrot (LKS)</p>

# Aufbereitung der Zuckerrübe

Hauptproblem: Entsteinung / Enterdung:



- Rübenwäsche ist arbeits- und kostenaufwändig
- Durchsatz je nach System bis zu 60 Tonnen pro Stunde
- Kosten für die Aufbereitung je nach Standort und System 4 bis 7 €/t



# Konservierung / Lagerung

Silage im Folienschlauch:



Mischsilage mit ganzen Rüben:



Mischsilage mit gehäckselten Rüben:



Rübenzerkleinerung beim Laden:



Lagerung von Rübenbrei in der Lagune:



Lagerung von Rübenbrei im Hochbehälter:



# Konservierung / Lagerung

Silage im Folienschlauch:



Mischsilage mit ganzen Rüben:



Mischsilage mit gehäckselten Rüben:



Rübenzerkleinerung bei Laden:



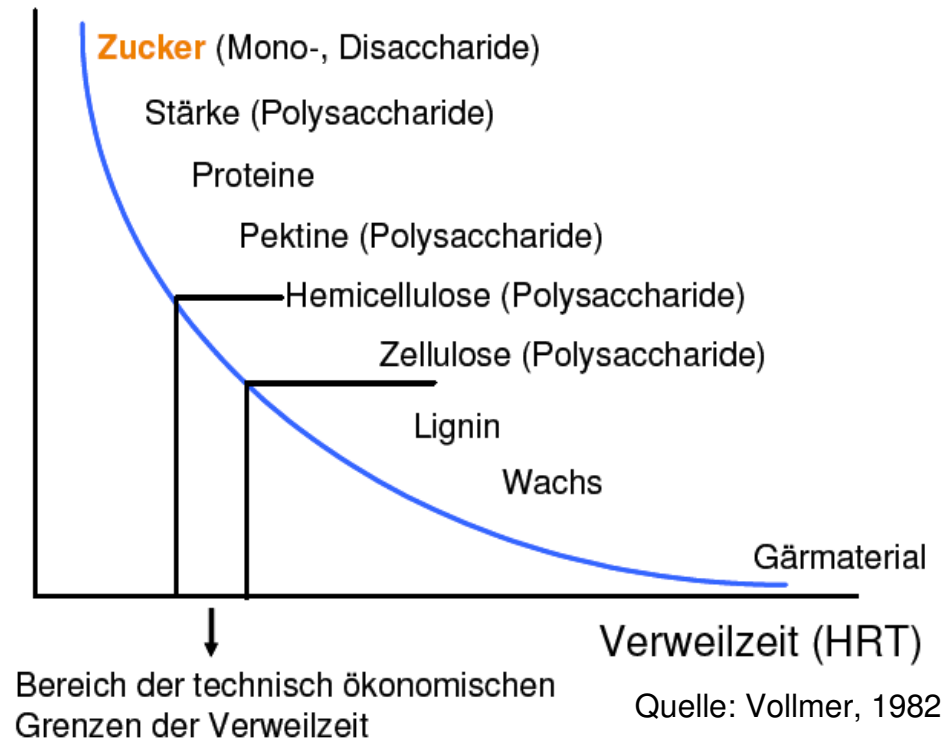
Lagerung von Rübenbrei im Hochbehälter:





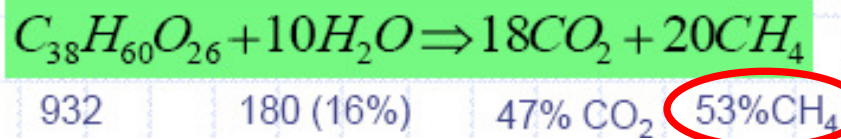
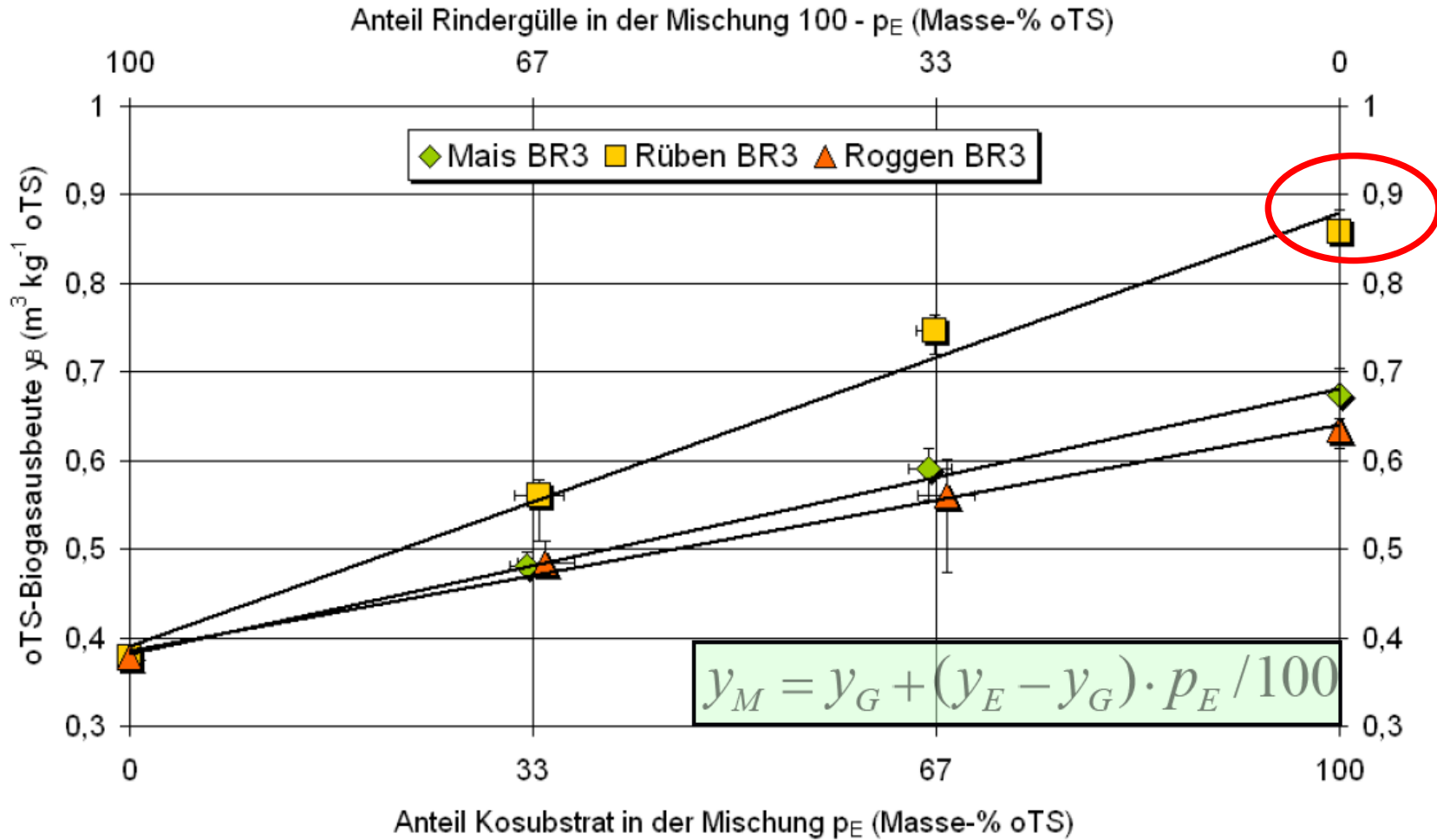
## Prozessbiologie ...





- 94 % der organischen Trockenmasse der Rübe bestehen aus leicht vergärbaren Kohlenhydraten, dadurch
  - Schnelle Vergärung im Fermenter, kurze Verweilzeiten möglich, schnelle Reaktionszeit („Gaspedal“)
  - Aber auch: schnelle Säurebildung, Monovergärung schwierig

# Spezifische Gasausbeuten im Laborversuch (Raumbelastung 3 kg oTS/m<sup>3</sup>·d)

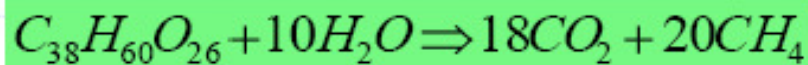
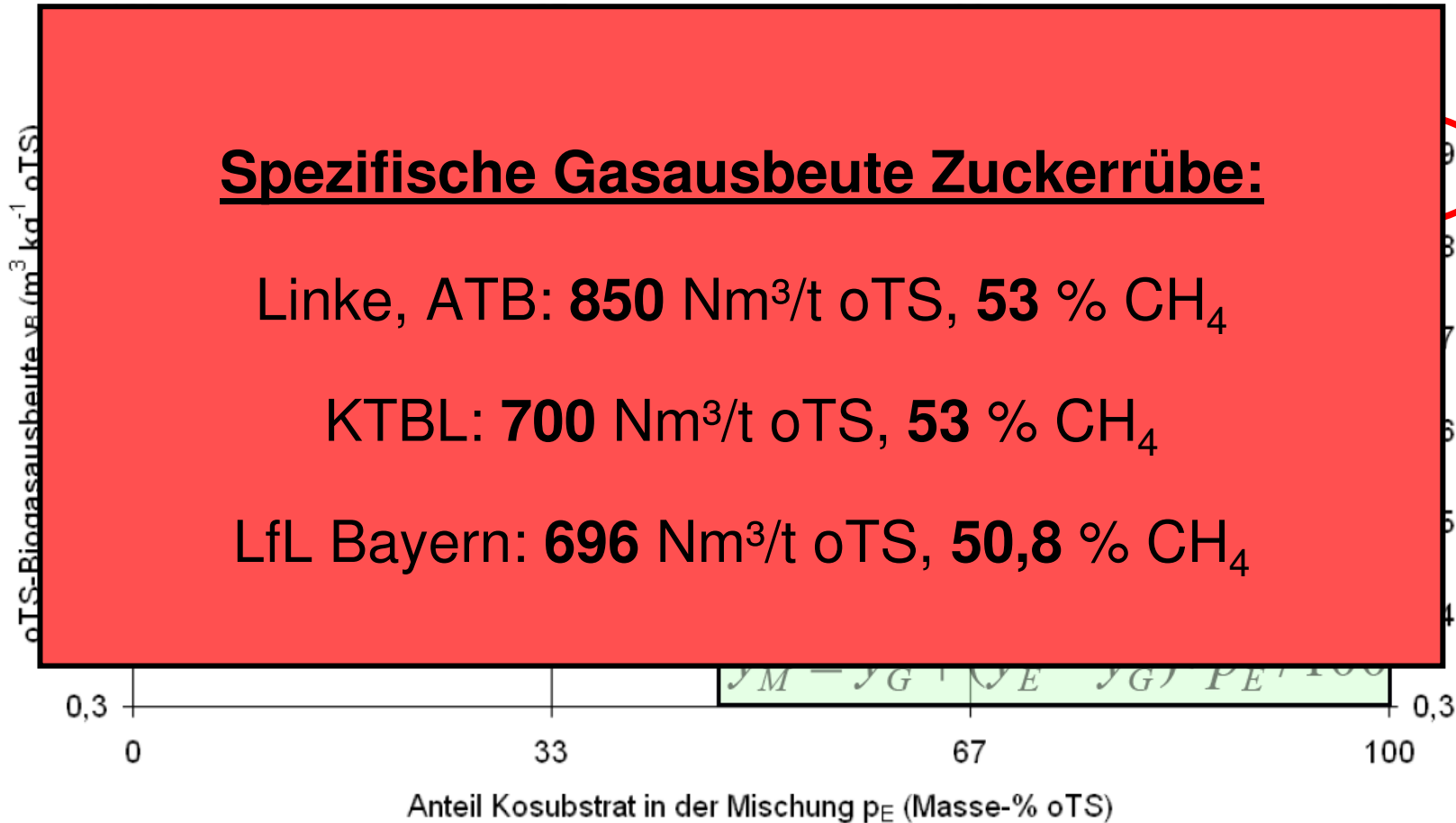


Quelle: Linke, 2008



# Spezifische Gasausbeuten im Laborversuch (Raumbelastung 3 kg oTS/m<sup>3</sup>·d)

Anteil Rindergülle in der Mischung 100 - p<sub>E</sub> (Masse-% oTS)



932

180 (16%)

47% CO<sub>2</sub>

**53%CH<sub>4</sub>**

Quelle: Linke, 2008

# Spezifische Stromausbeute

		Zuckerrübe	Maissilage
TS-Gehalt	[%]	23%	33%
oTS-Gehalt	[%]	94%	96%
spez. Gasausbeute	[Nm <sup>3</sup> /t oTS]	850	680
Methangehalt	[%]	53,0%	52,5%
Methanertrag	[m <sup>3</sup> /t FM]	97	113
<b>Stromausbeute</b> <b>(el. WG 38,5 %)</b>	<b>[kWh/t FM]</b>	<b>371</b>	<b>431</b>
		86%	100%

## Betriebswirtschaft ...





# Maximale Substratkosten Beispiel-Biogasanlage

<b>Beispiel-Biogasanlage: 250 kW, Stromproduktion: ca. 2 Mio. kWh/Jahr</b> <b>Invest: 1,3 Mio. €, Inbetriebnahme 2011</b>		
Substrate: 35 % Schweinegülle, 65 % NawaRo, <u>keine</u> Kosten für die Gärrestverwertung Wärmenutzung 350.000 kWh/a, Wärmeerlös 3 ct/kWh <sub>th</sub>		
<u>Erlöse</u>	€/kWh	€/Jahr
<b>Stromvergütung gesamt</b>	<b>0,2074</b>	
Grundvergütung	0,1056	
NawaRo-Bonus	0,0686	
Güllebonus	0,0286	
KWK-Bonus	0,0046	
<b>Wärmeverkauf</b>	<b>0,0051</b>	<b>10.500,00</b>
<b>SUMME</b>	<b>0,2125</b>	<b>436.269,15</b>
<u>KOSTEN</u>		
<b>AfA</b>	<b>0,0522</b>	<b>107.250,00</b>
<b>Wartung</b>	<b>0,0217</b>	<b>44.637,71</b>
<b>Allgemeinkosten</b>	<b>0,0080</b>	<b>16.500,00</b>
<b>Zinsen, Zinsansatz</b>	<b>0,0146</b>	<b>29.983,63</b>
<b>Stromzukauf, Zündölkupf</b>	<b>0,0105</b>	<b>21.558,00</b>
<b>Arbeitskosten</b>	<b>0,0089</b>	<b>18.250,00</b>
<b>SUMME</b>	<b>0,1160</b>	<b>238.179,34</b>
<b>Jährliche Renditeerwartung (5 % vom Gesamtinvest.)</b>	<b>0,0171</b>	<b>35.016,38</b>
<b><i>mögliche Kosten Substrate (Beschaffung + Gärrestverwertung)</i></b>	<b><u>0,0794</u></b>	<b><u>163.073,43</u></b>

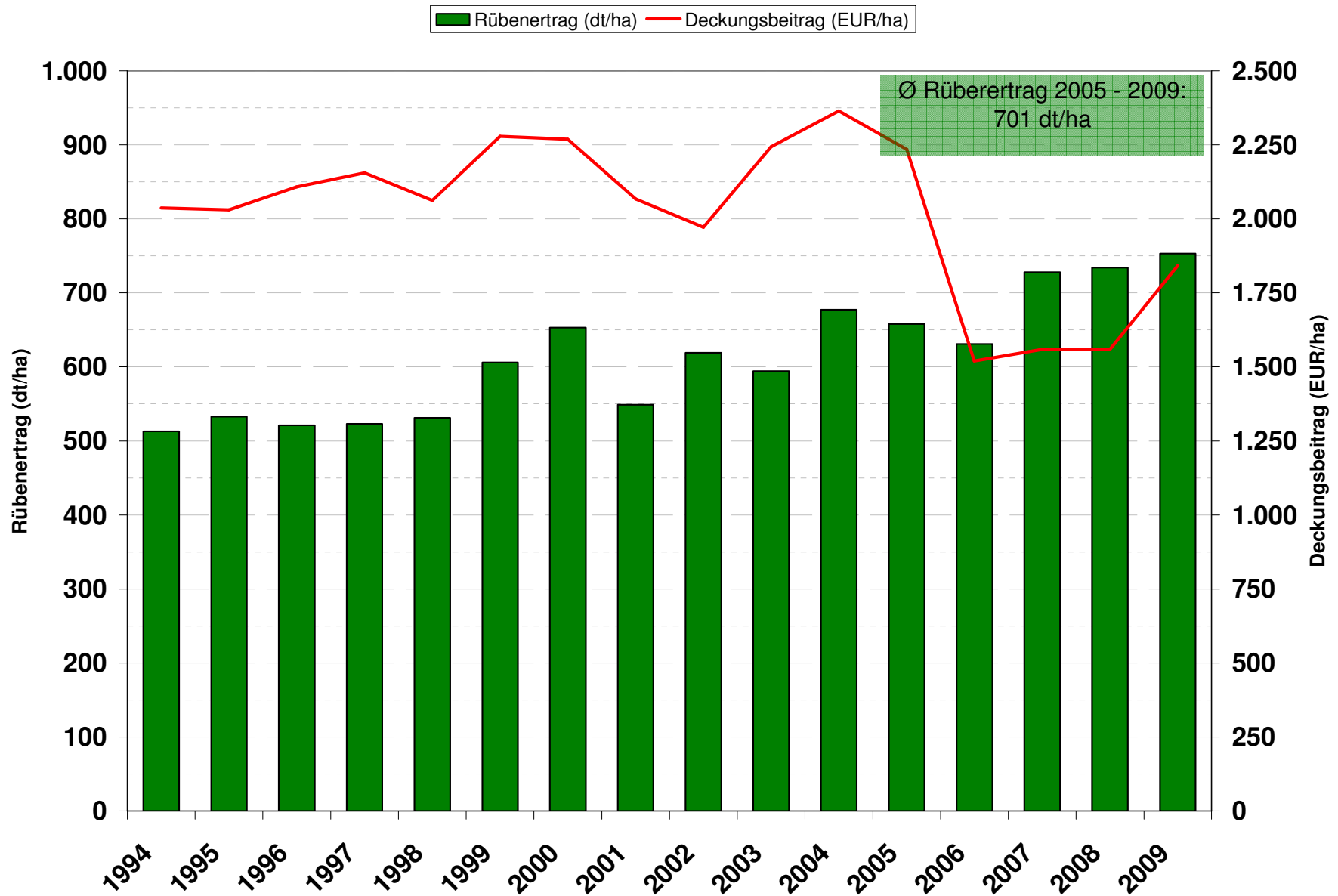
# Maximalkosten (€) je Tonne Frischmasse

mögliche Kosten Substrate (Beschaffung + Gärrestverwertung) **0,0794**



	Maissilage	Zuckerrüben	GPS	Rindergülle
TS-Gehalt [%]	33,0%	23,0%	38,0%	8,5%
oTS-Gehalt [%]	96,0%	94,0%	95,0%	80,0%
Siliverlust/Lagerverlust [%]	8,0%	8,0%	9,0%	5,0%
spezifische Biogasausbeute [NI/kg oTS]	680	850	600	360
Methangehalt [%]	52,5%	53,0%	54,0%	58,0%
el. Wirkungsgrad BHKW [%]	38,5%			
Stromertrag je t Frischmasse [kWh/t]	401	345	410	52
Gärrestanfall [kg/t FM]	762	797	763	972
<b>Maximalkosten je t Frischmasse "frei Silo" [€/t]</b>	<b>31,82</b>	<b>27,40</b>	<b>32,55</b>	<b>4,12</b>

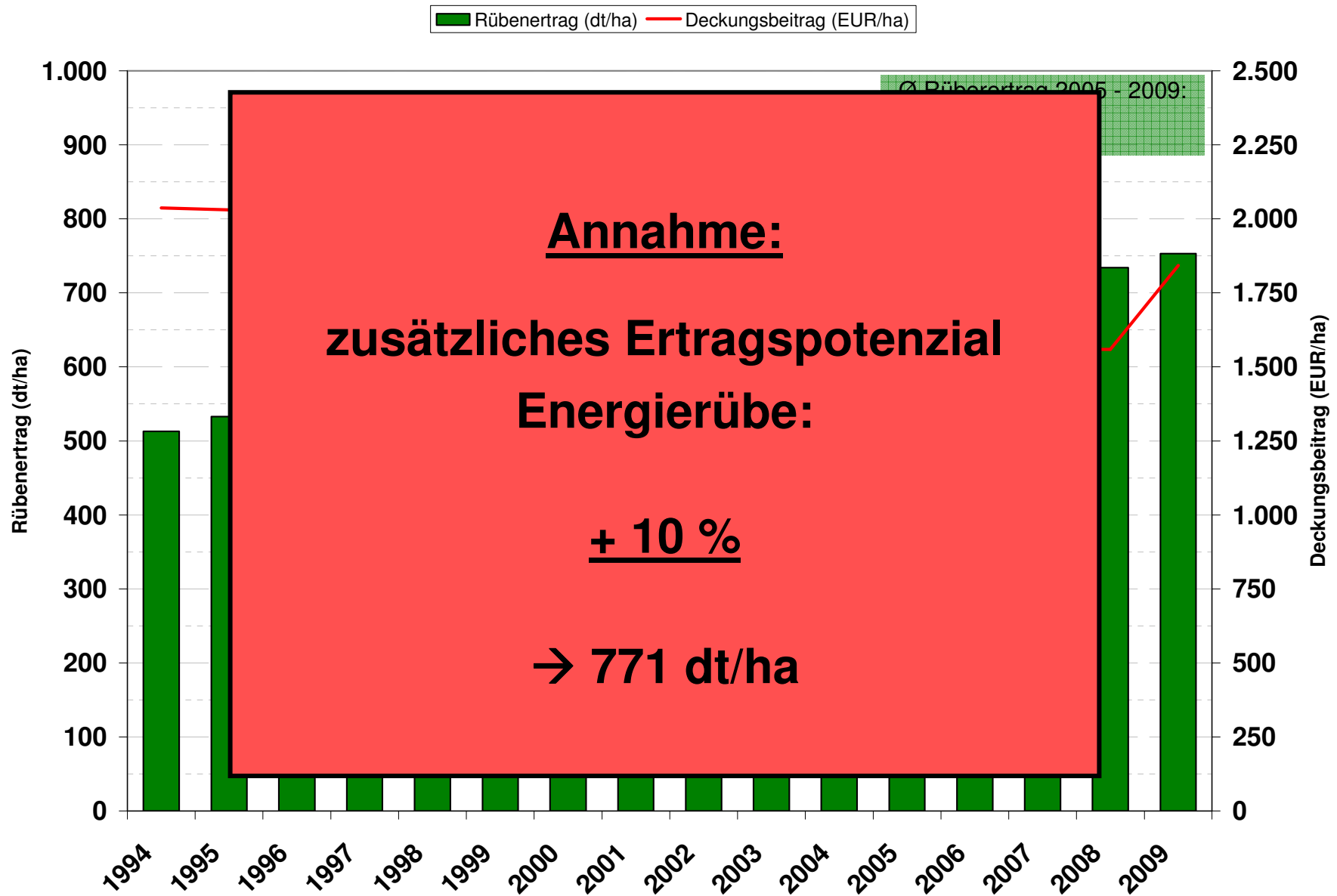
# Zuckerrübenenerträge im AfB Köln-Aachener Bucht in den letzten Jahren



Quelle: LK NRW, Inge Schneider



# Zuckerrübenenerträge im AfB Köln-Aachener Bucht in den letzten Jahren

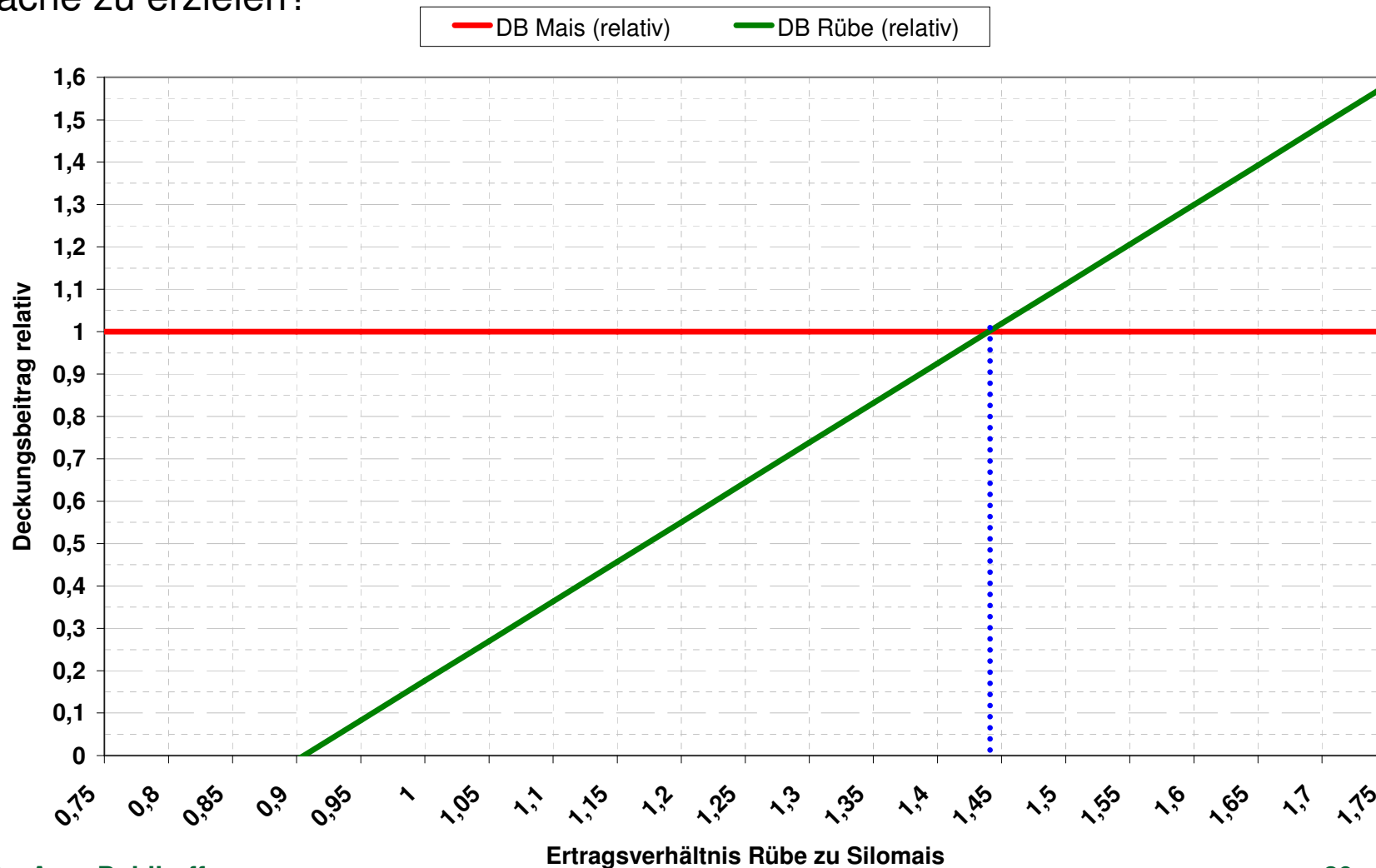


# Berechnung Deckungsbeitrag

		Zuckerrübe	Silomais
Kosten je t FM	[EUR/t FM]	27,40	31,82
Ertrag	[t FM/ha]	77,1	58,0
Ernte / Transport / Aufbereitung	[EUR/ha]	400,00	325,00
Maximale Substratkosten "stehend auf dem Feld"	[EUR/t FM]	22,21	26,22
<b>Marktleistung</b>	<b>[EUR/ha]</b>	<b>1.712,54</b>	<b>1.520,56</b>
Saatgut	[EUR/ha]	240,00	160,00
Düngung (Gärrest 3,5 €/m <sup>3</sup> )	[EUR/ha]	140,00	170,00
Pflanzenschutz	[EUR/ha]	265,00	75,00
var. Maschinenkosten	[EUR/ha]	270,00	215,00
sonstiges	[EUR/ha]	50,00	0,00
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>[EUR/ha]</b>	<b>747,54</b>	<b>900,56</b>

- Um den gleichen Deckungsbeitrag wie der Silomais zu erzielen, muss die Rübe (in diesem Beispiel) eine Marktleistung von 1.865,56 Euro bringen
- die Substratkosten je kWh liegen dann bei 8,52 ct/kWh

- Welches Ertragsverhältnis zwischen Rübe und Silomais ist am Standort notwendig, um bei gleichen Substratkosten (ct/kWh) den gleichen Deckungsbeitrag je Hektar Fläche zu erzielen?



## Fazit ...





# Fazit

1. Als Alternative zum Mais spielt die Zuckerrübe zunehmend eine wichtige Rolle
  - Das Ertragspotenzial ist vielversprechend
  - Die Vergärungseigenschaften sind positiv
2. Hinsichtlich der Aufbereitung, Konservierung und Lagerung der Rübe als Biogassubstrat gibt es nach wie vor noch reichlich Forschungs- und Entwicklungsbedarf
  - Technischer Optimierungsbedarf
  - Senkung der Bereitstellungskosten
3. Die Wirtschaftlichkeit der Rübe als Biogassubstrat muss sich am Silomais messen
4. Bei deutlichen Ertragsvorteilen der Rübe gegenüber Silomais oder unter bestimmten technischen Voraussetzungen kann die Rübe eine Ergänzung oder Alternative zum Silomais sein

**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!** Landwirtschaftskammer  
Nordrhein-Westfalen



**Dr. Arne Dahlhoff**  
**LZ Haus Düsse**  
**59505 Bad Sassendorf**  
**FON: 02945/989-191**  
**FAX: 02945/989-133**  
**Arne.Dahlhoff@LWK.NRW.DE**  
**[www.landwirtschaftskammer.de](http://www.landwirtschaftskammer.de)**