

# **Einfluss der Faulraumbelastung auf die Gasausbeute von Gülle und nachwachsenden Rohstoffen**

Forschungsprojekt gefördert von Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

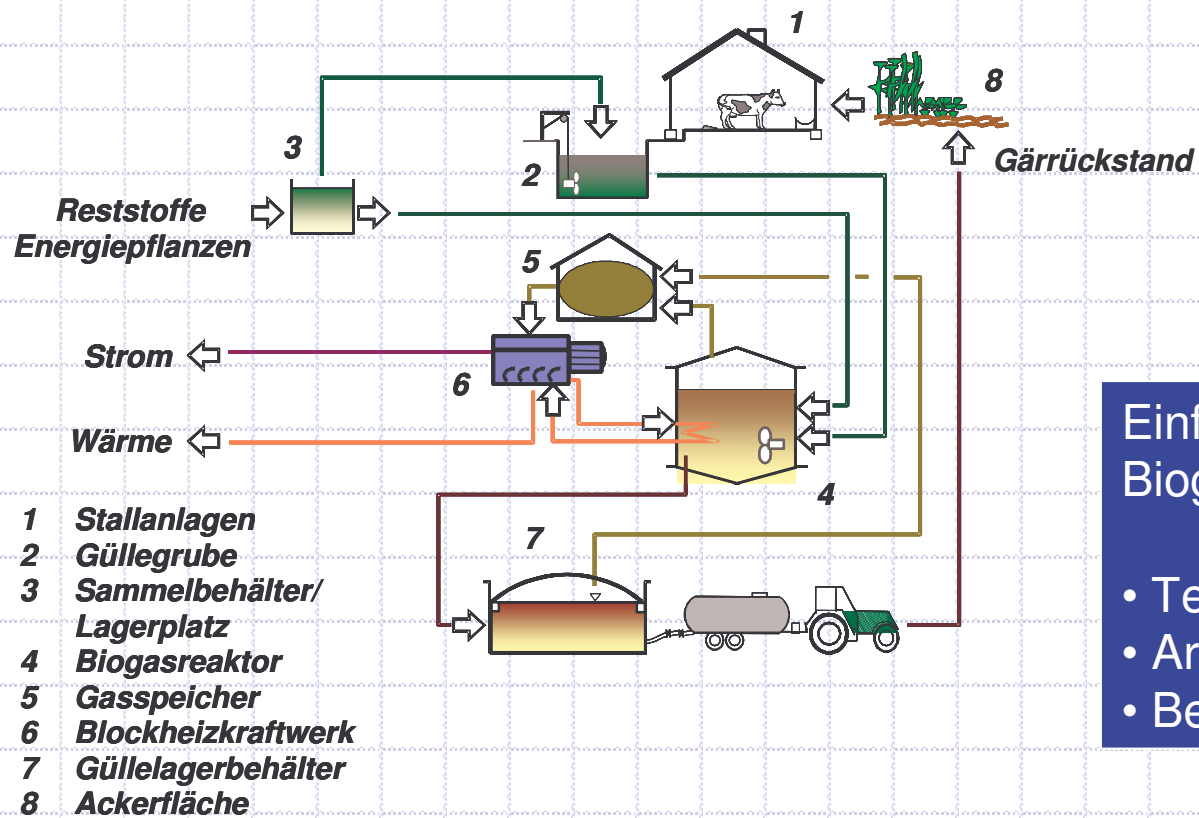
Bernd Linke und Pia Mähnert  
Institut für Agrartechnik Bornim (ATB) [www.atb-potsdam.de](http://www.atb-potsdam.de)



- **Einführung**
- **Versuchsaufbau, untersuchte Substrate**
- **Ergebnisse**
- **Bemessungsmodell**
- **Fazit**

Biogastagung, Landwirtschaftskammer **Nordrhein-Westfalen**  
Haus Düsse, 15. April 2005

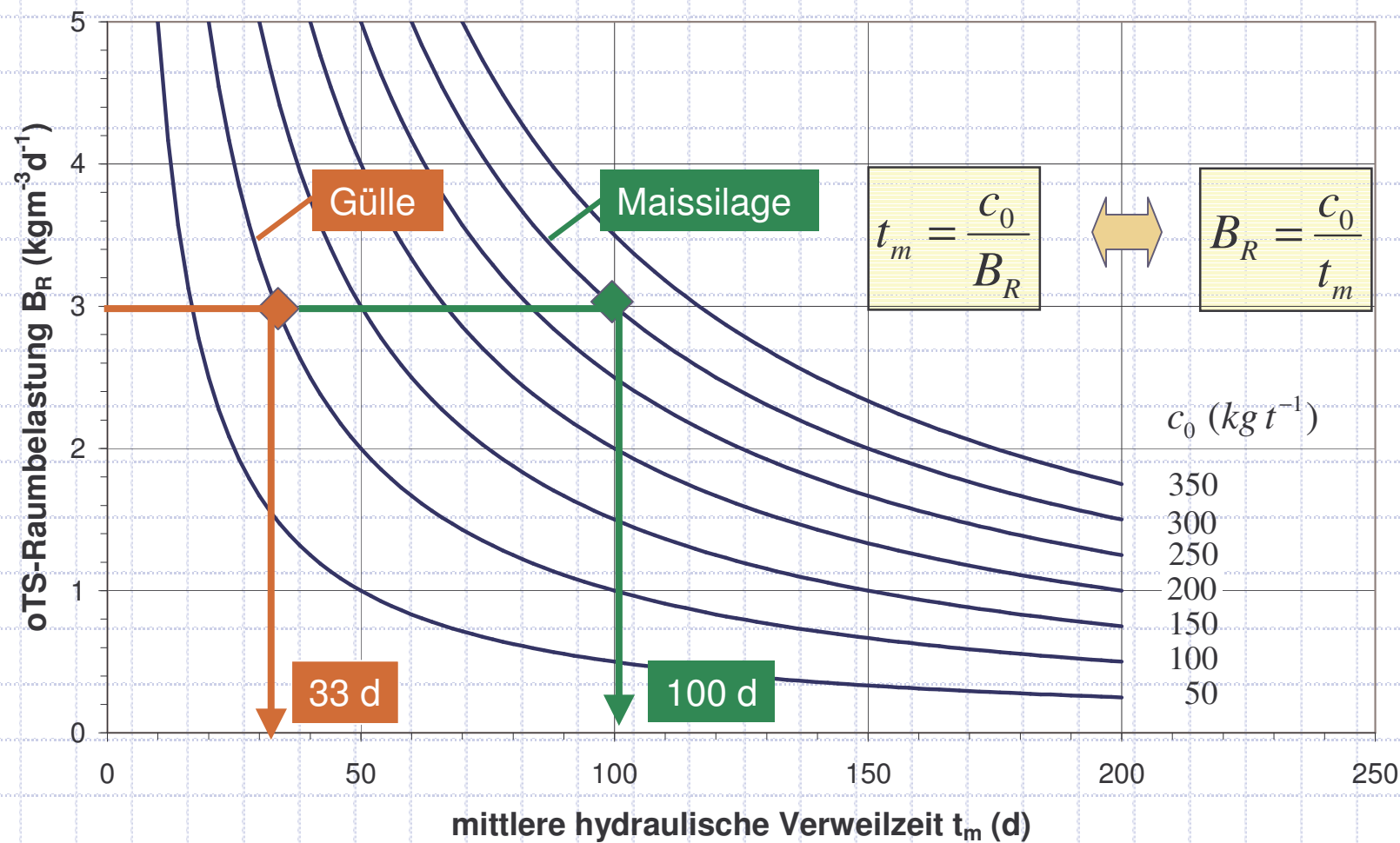
# Vereinfachtes Schema zur Nassvergärung



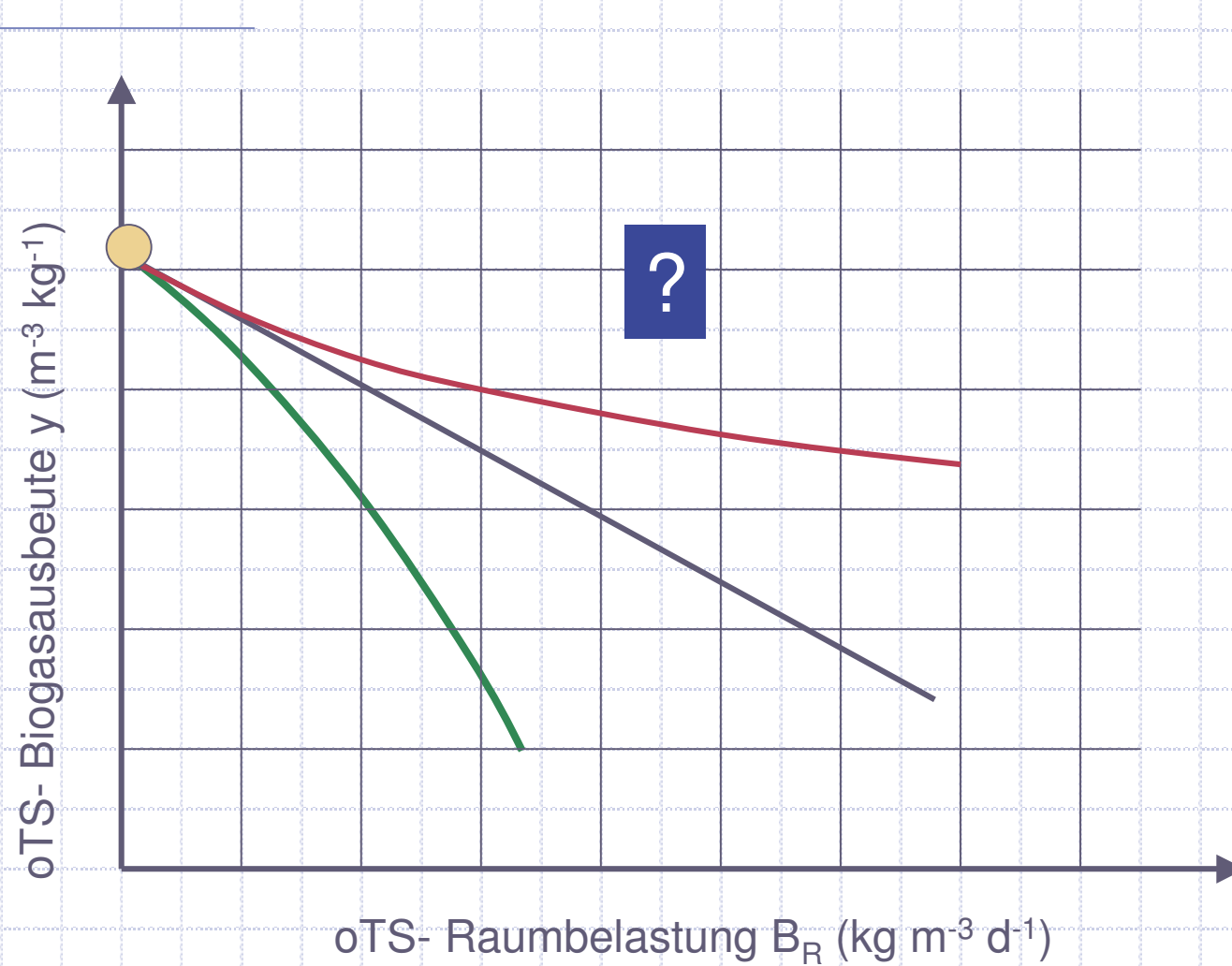
**Einfluss auf  
Biogasproduktion:**

- Temperatur
- Art des Substrates
- Belastung

# Beziehung zwischen $B_R$ , $t_m$ und $c_0$



# Einfluss der oTS-Raumbelastung auf die oTS-Biogasausbeute $y = f(B_R)$ ?



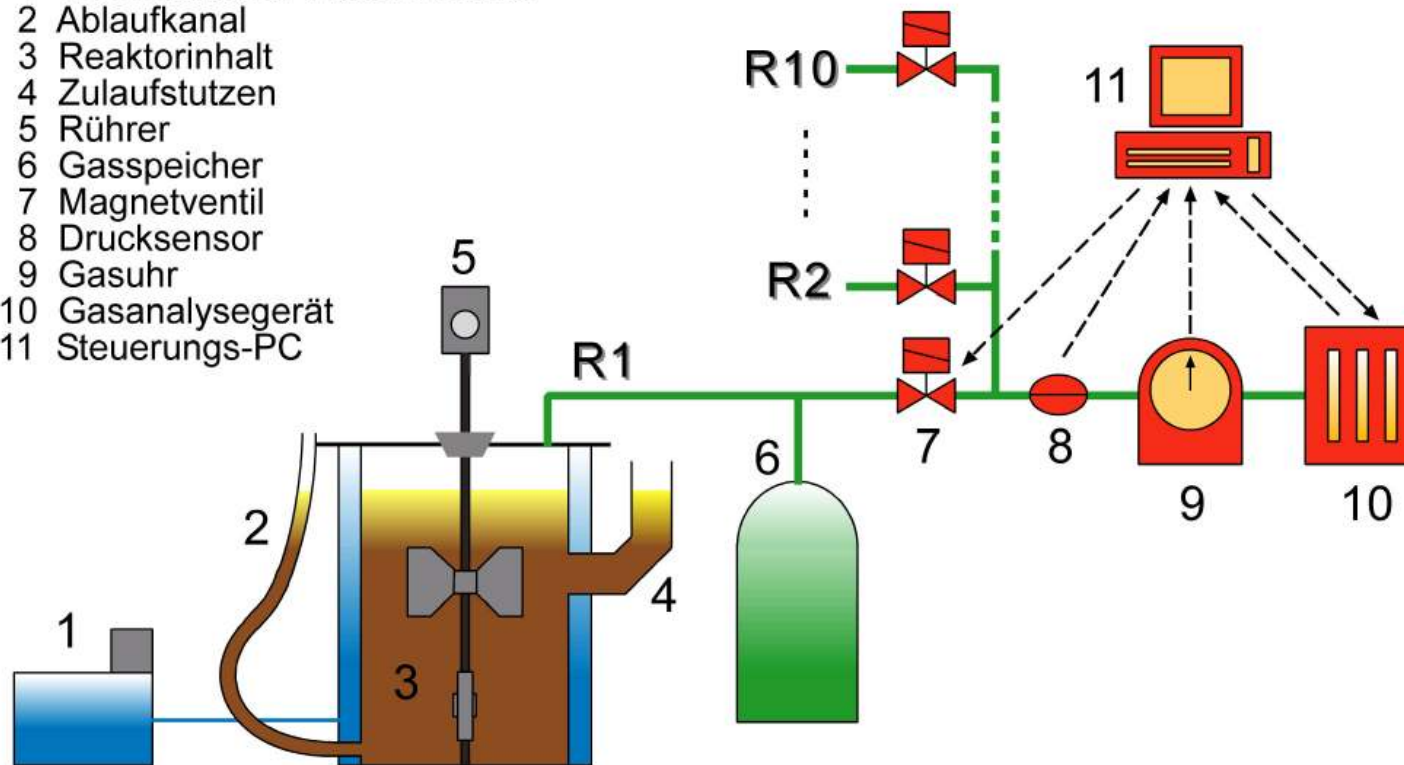
## Durchschnittliche Analysenwerte der untersuchten Substrate

Substrat	pH	TS [% FM]	oTS [% TS]	Zucker [% TS]	XP [% TS]	XL [% TS]	XF [% TS]
Maissilage	3,7	31 (35)	94,6	5,3 (1,5)	14,4 (8,1)	2,6 (3,2)	24,1 (20,1)
Rübensilage	3,8	13 (15)	91,8	27 (61)	7,5 (7,7)	0,9 (0,7)	8,2 (6,4)
Roggen-GPS	4,7	23 (21)	86,7	1,1 (-)	9,4 (10,5)	3,3 (3,7)	31,6 (35,1)
Rindergülle	7,1	9,8	81,2	-	-	-	-

(...) Futterwerttabelle für Wiederkäuer nach KIRCHGESSNER (1997)

# Schematischer Aufbau der Versuchsanlage

- 1 Thermostat für Wassermantel
- 2 Ablaufkanal
- 3 Reaktorinhalt
- 4 Zulaufstutzen
- 5 Rührer
- 6 Gasspeicher
- 7 Magnetventil
- 8 Drucksensor
- 9 Gasuhr
- 10 Gasanalysegerät
- 11 Steuerungs-PC



## Versuchsanlage und untersuchte Varianten

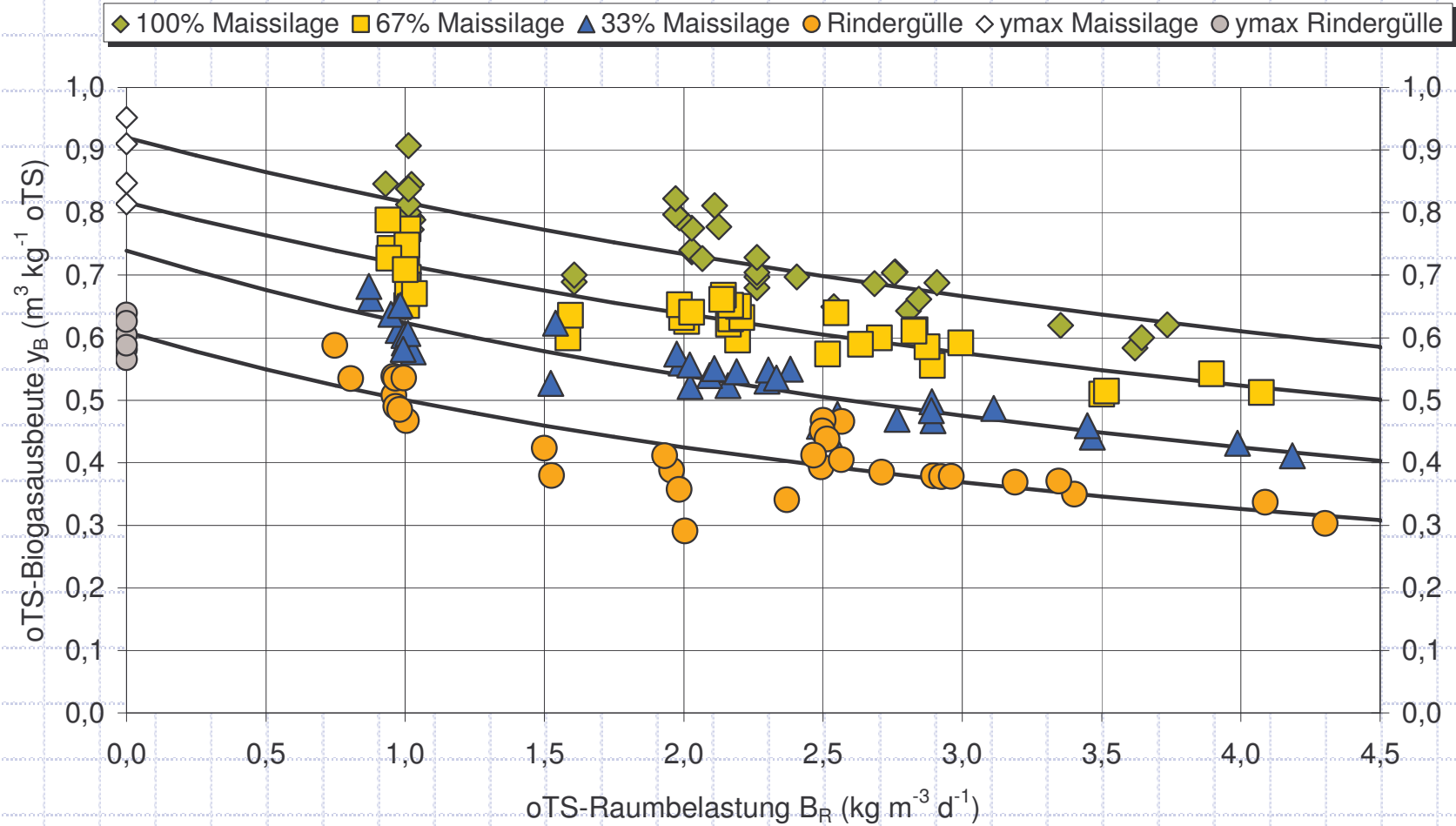
Reaktor	Substrat
1	100% Maissilage
2	67% Maissilage, 33% Gülle
3	33% Maissilage, 67% Gülle
4	100% Rübensilage
5	67% Rübensilage, 33% Gülle
6	33% Rübensilage, 67% Gülle
7	100% Roggen-GPS
8	67% Roggen GPS, 33% Gülle
9	33% Roggen-GPS, 67% Gülle
10	100% Rindergülle



Beispiel Reaktor 2:

67% der oTS-Masse im zugegebenem Substrat bestand aus Maissilage und 33% aus Rindergülle

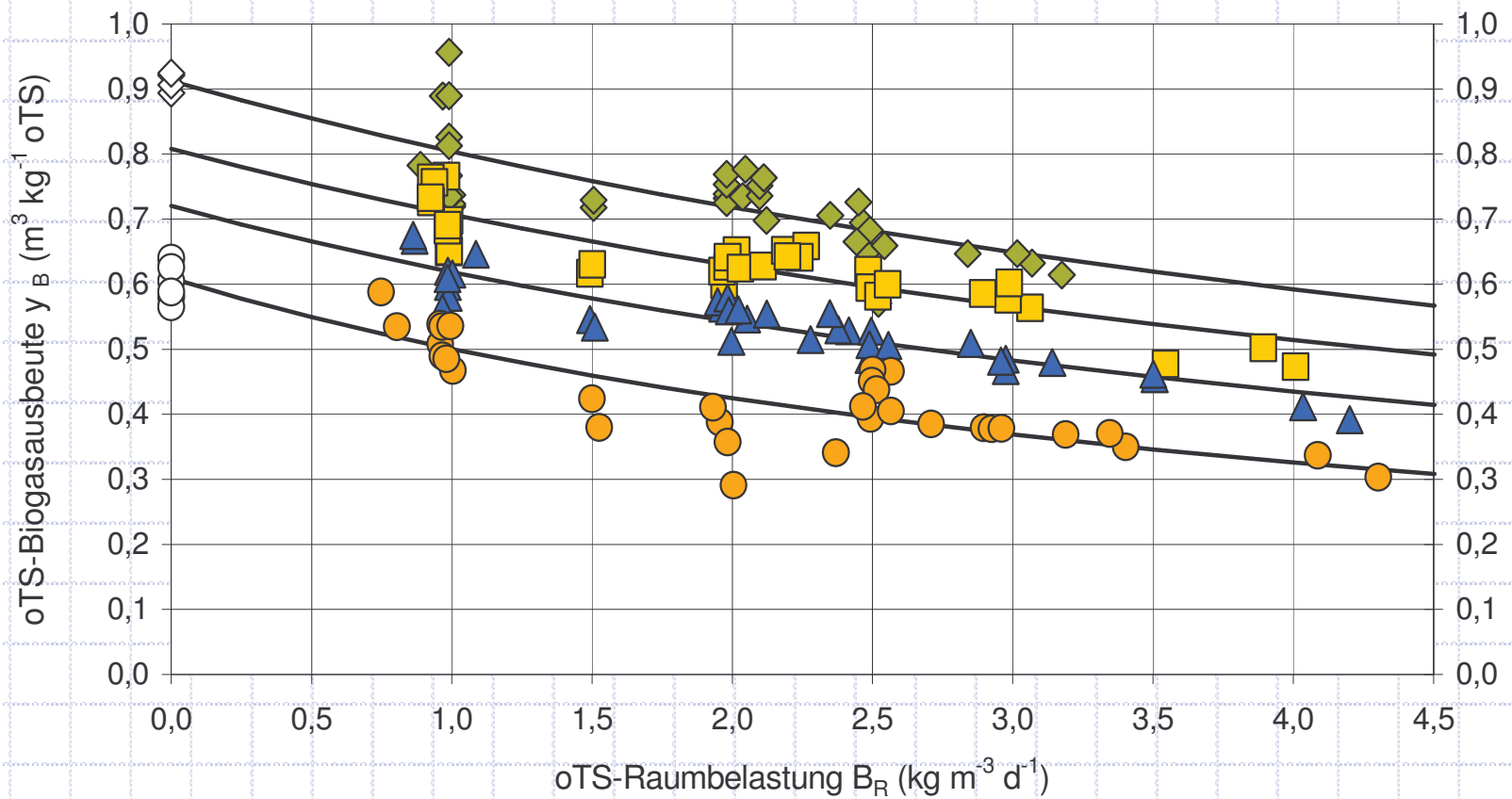
# Maissilage, Rindergülle und zwei Gemische



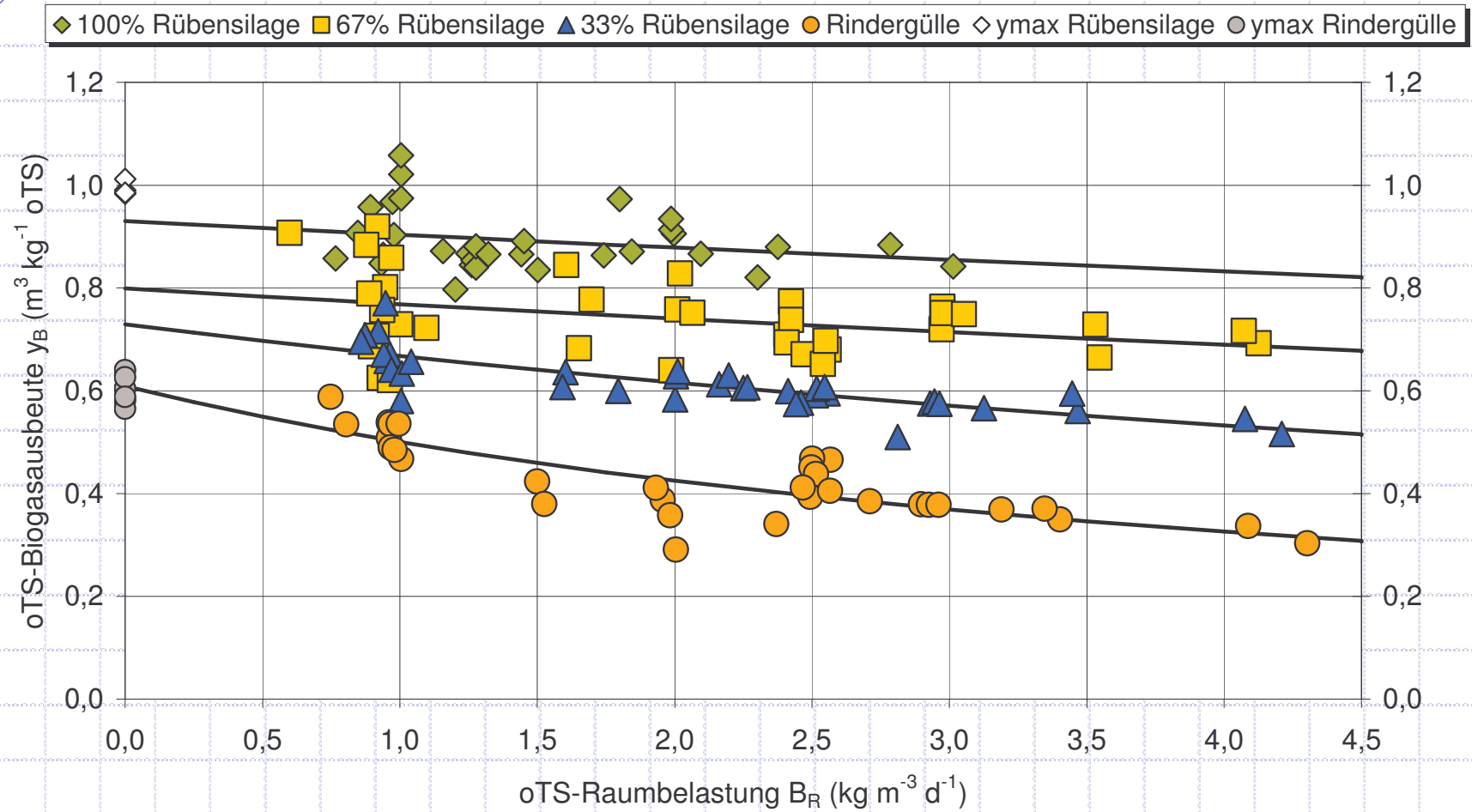


# Roggen-GPS, Rindergülle und zwei Gemische

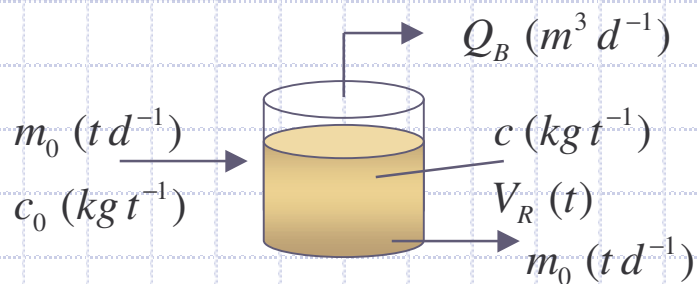
◆ 100% Roggen-GPS    ■ 67% Roggen-GPS    ▲ 33% Roggen-GPS    ● Rindergülle    ◇ y<sub>max</sub> Roggen-GPS    ○ y<sub>max</sub> Rindergülle



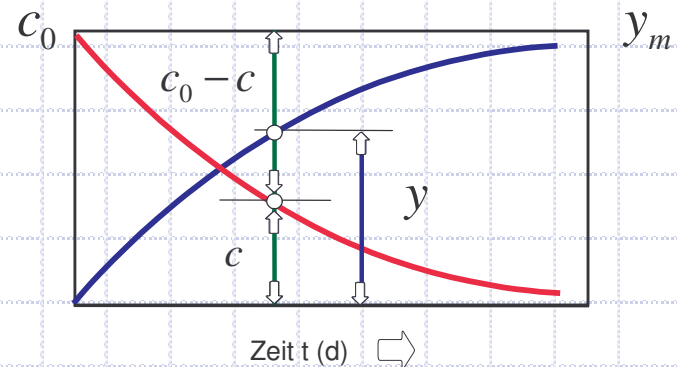
# Rübensilage, Rindergülle und zwei Gemische



# Modellbildung nach Reaktion 1. Ordnung



abgebaute Substratmenge = gebildete Biogasmenge



Änderung = Zulauf - Ablauf + Umsatz = 0

$$V_R \frac{dc}{dt} = m_0 \cdot c_0 - m_0 \cdot c + V_R \cdot r(c) = 0$$

$$m_0 = \frac{V_R}{t_m}$$

$$r = -k \cdot c$$

$$t_m = \frac{1}{k} \left( \frac{c_0}{c} - 1 \right)$$

$$\text{erf. } t_m = \frac{1}{k} \left( \frac{y}{y_m - y} \right)$$

$$t_m = \frac{c_0}{B_R}$$

$$\frac{c_0 - c}{c_0} = \frac{y}{y_m}$$

$$\frac{c_0}{c} = \frac{y_m}{y_m - y}$$

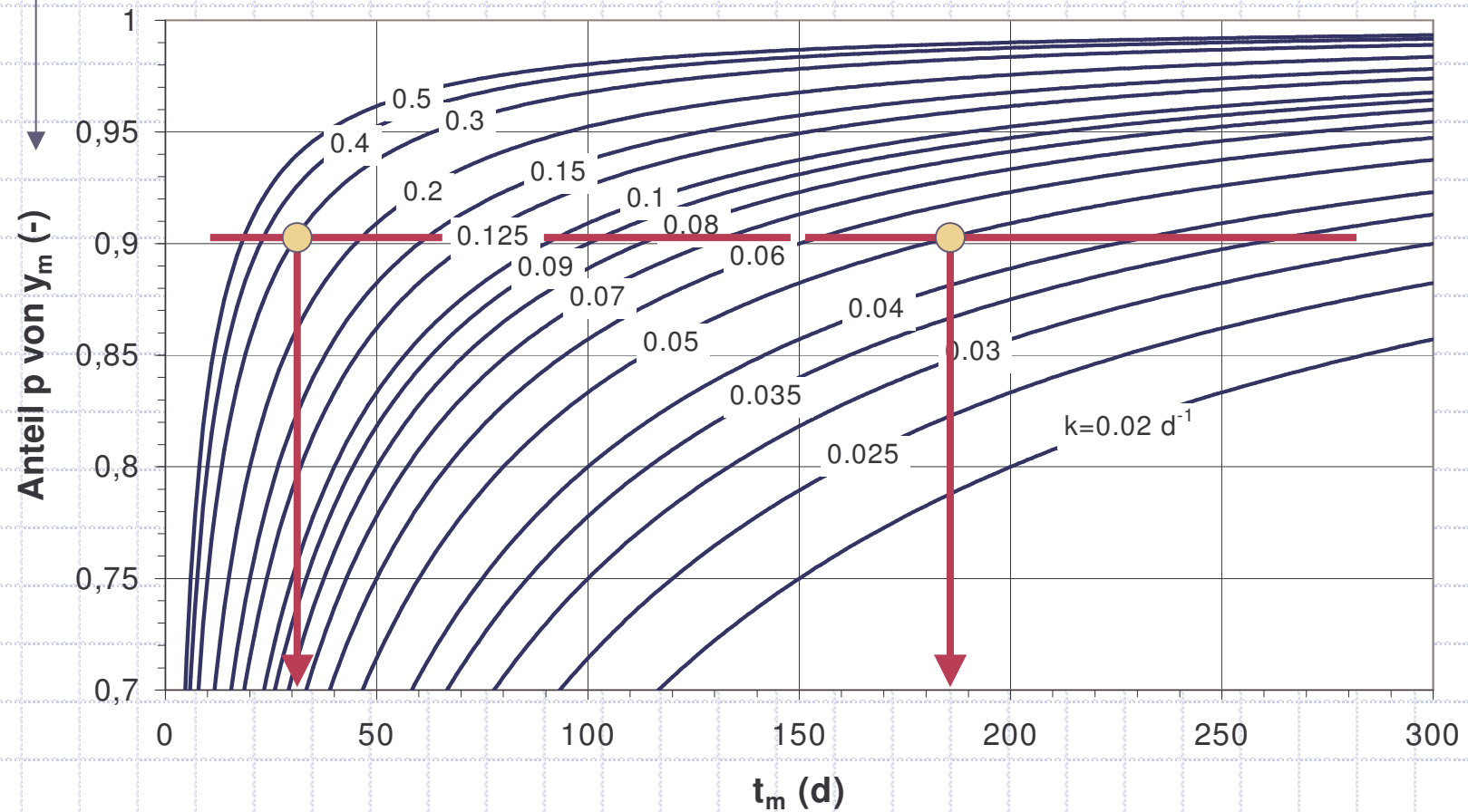
$$y = y_m \frac{k \cdot c_0}{k \cdot c_0 + B_R}$$

# Wirkungsgrad der Biogasausbeute: $p=f(k,t_m)$

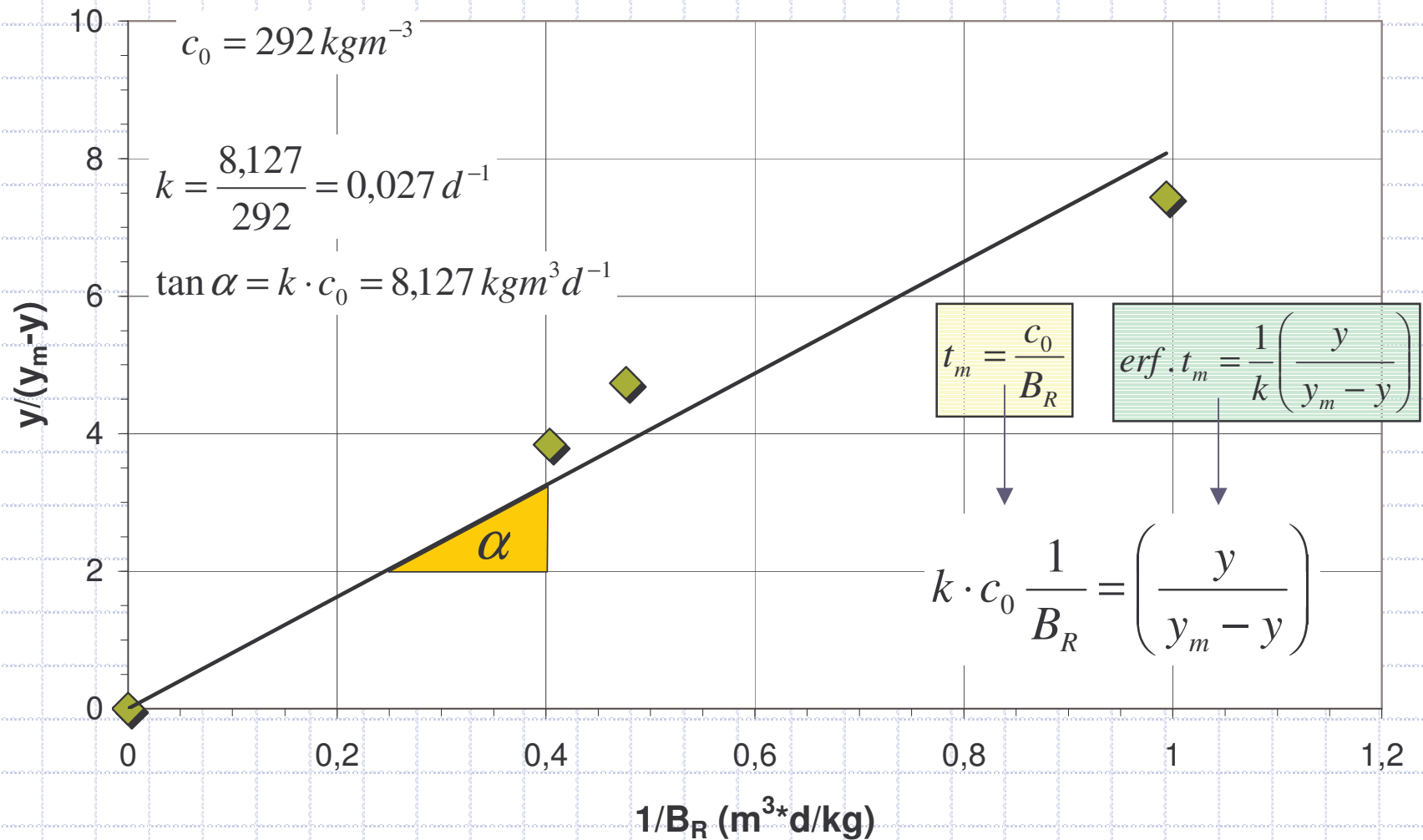
$$p = \frac{t_m \cdot k}{t_m \cdot k + 1}$$

$$t_m = \frac{1}{k} \left( \frac{y}{y_m - y} \right)$$

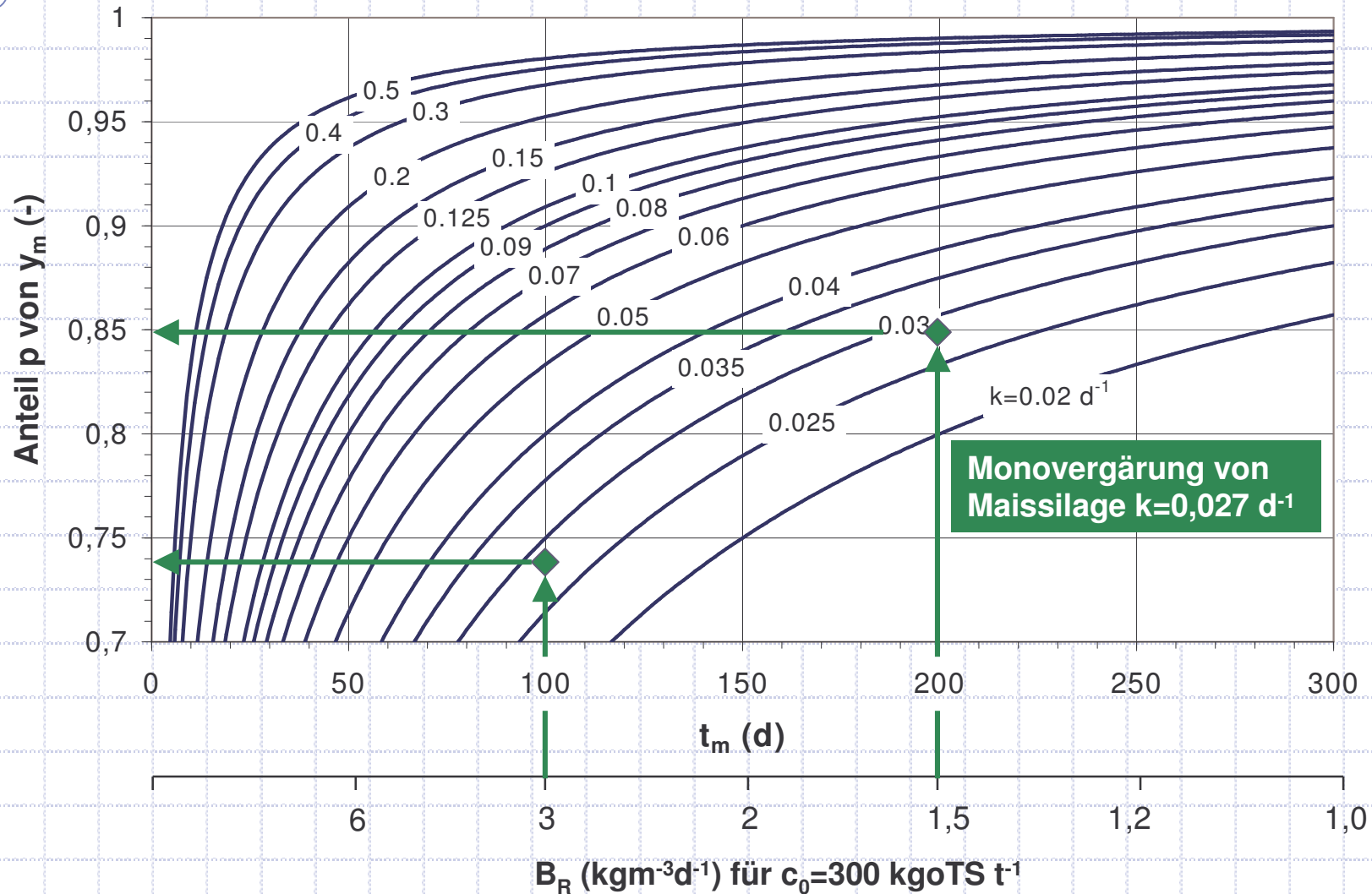
$$y = p \cdot y_m$$



## Grafische Ermittlung des k-Wertes für Maissilage

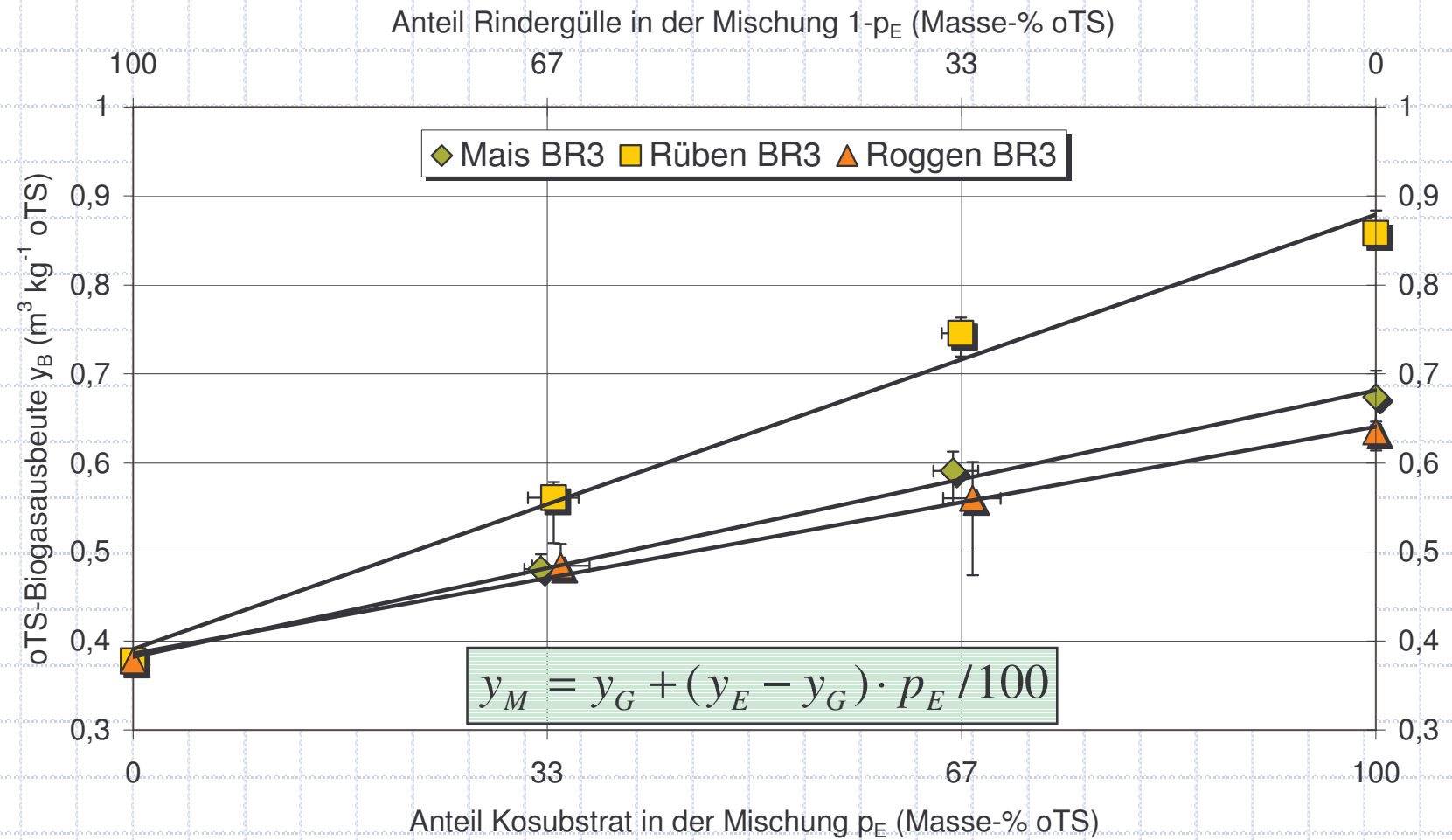


# Wirkungsgrad der Biogasausbeute: Maissilage

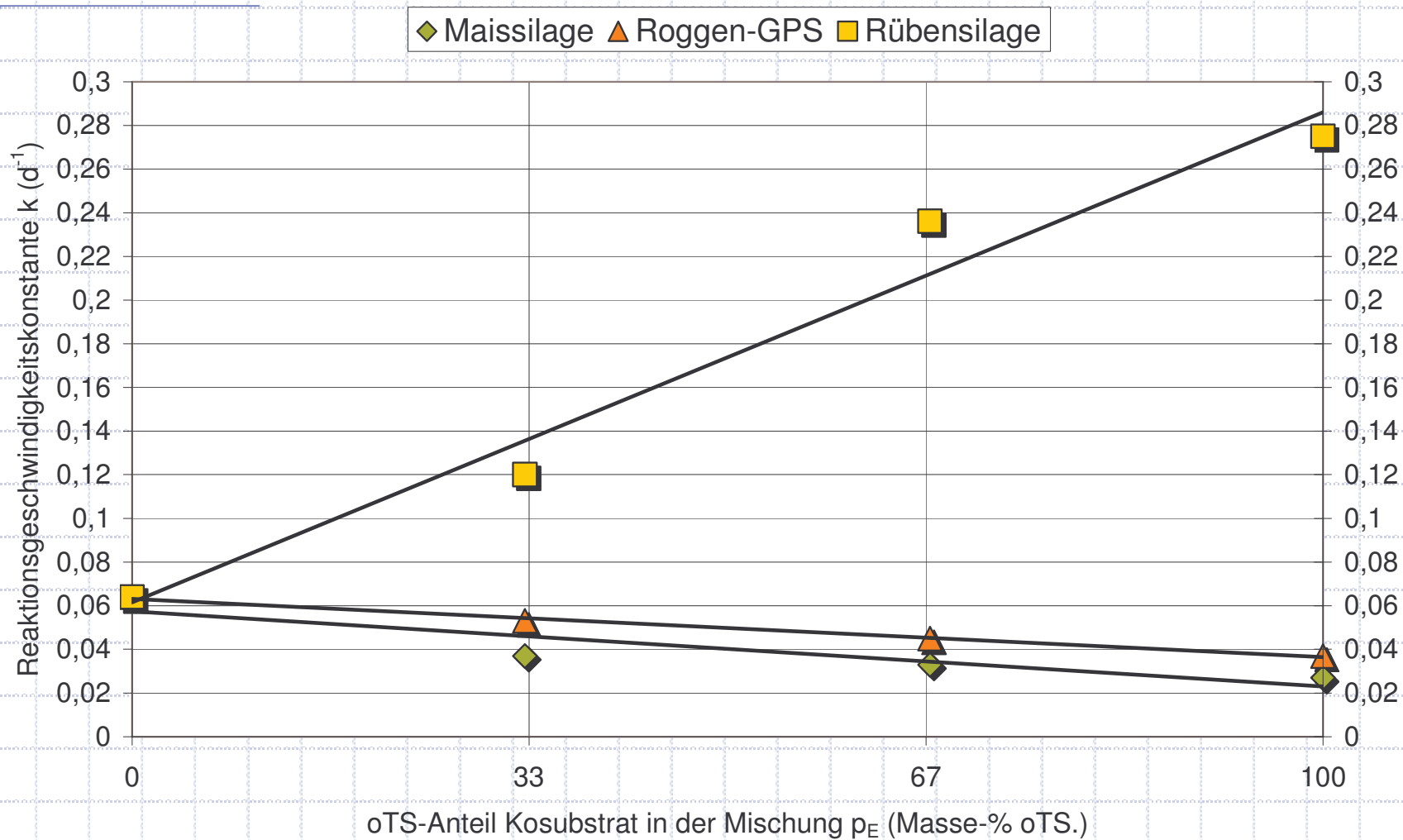


Monovergärung von  
Maissilage  $k=0,027 \text{ d}^{-1}$

# oTS-Biogasausbeute bei Kofermentation



# Reaktionsgeschwindigkeitskonstante $k$ bei der Kofermentation





## Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Substrate Silage/Gülle	$c_0$ [g oTS t <sup>-1</sup> ]	$Y_{max}$ [m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> oTS]	$y$ ( 2...3 kg oTS m <sup>-3</sup> d <sup>-1</sup> ) [m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> oTS]	CH <sub>4</sub> [Vol.%]	k [d <sup>-1</sup> ]
100% Maissilage	292	0,92	0,73...0,67	54,6 ± 1,3	0,027
67% Maissilage	220	0,82	0,64...0,59	56,2 ± 1,4	0,033
33% Maissilage	147	0,74	0,54...0,48	58,1 ± 1,1	0,037
100% Roggen-GPS	198	0,91	0,71...0,64	57,2 ± 1,7	0,037
67% Roggen-GPS	156	0,81	0,63...0,56	58,3 ± 1,5	0,045
33% Roggen-GPS	115	0,72	0,54...0,48	59,9 ± 1,3	0,053
100% Rübensilage	124	0,93	0,88...0,86	55,5 ± 2,2	0,275
67% Rübensilage	107	0,80	0,74...0,75	56,4 ± 2,1	0,236
33% Rübensilage	90	0,73	0,61...0,56	58,4 ± 1,3	0,120
100% Gülle	72	0,61	0,43...0,38	61,3 ± 1,3	0,064

## Fazit

- Mit steigender oTS-Raubelastung verringert sich die oTS-Biogasaubeute z.B. aus Rindergülle, NawaRos und Mischungen aus beiden Substraten:  $y = y_m \cdot k \cdot c_0 / (k \cdot c_0 + B_R)$
- Die Werte  $k$ ,  $y_m$  und  $c_0$  sind substratspezifisch.
- Während  $y_m$  im einfachen Gärtest bestimmt werden kann, ist für die Ermittlung von  $k$  ein Langzeitversuch notwendig.
- Die Abbaugeschwindigkeit (Größe des  $k$ -Wertes) von Mais und Roggen-GPS ist im Gegensatz zur Rübensilage deutlich geringer und erfordert vergleichsweise geringere Belastungen.
- Die oTS-Biogausbeute von Gemischen aus Gülle und NawaRos verhält sich proportional zur oTS-Biogausbeute der Einzelsubstrate:  $y_M = y_G + (y_E - y_G) \cdot p_E / 100$