



# Erfahrungen und Optimierungspotenzial der Energiepflanzenvergärung

Rudolf Braun  
Roland Kirchmayr



# Übersicht

## 1. ERFAHRUNGEN

Monitoring von 78 Biogasanlagen

Massen-, Energie- und Umweltbilanz

## 2. VERSUCHE zur OPTIMIERUNG

Substratlagerung

Massenbilanz

Substratausnutzung und Gärrestnachbehandlung



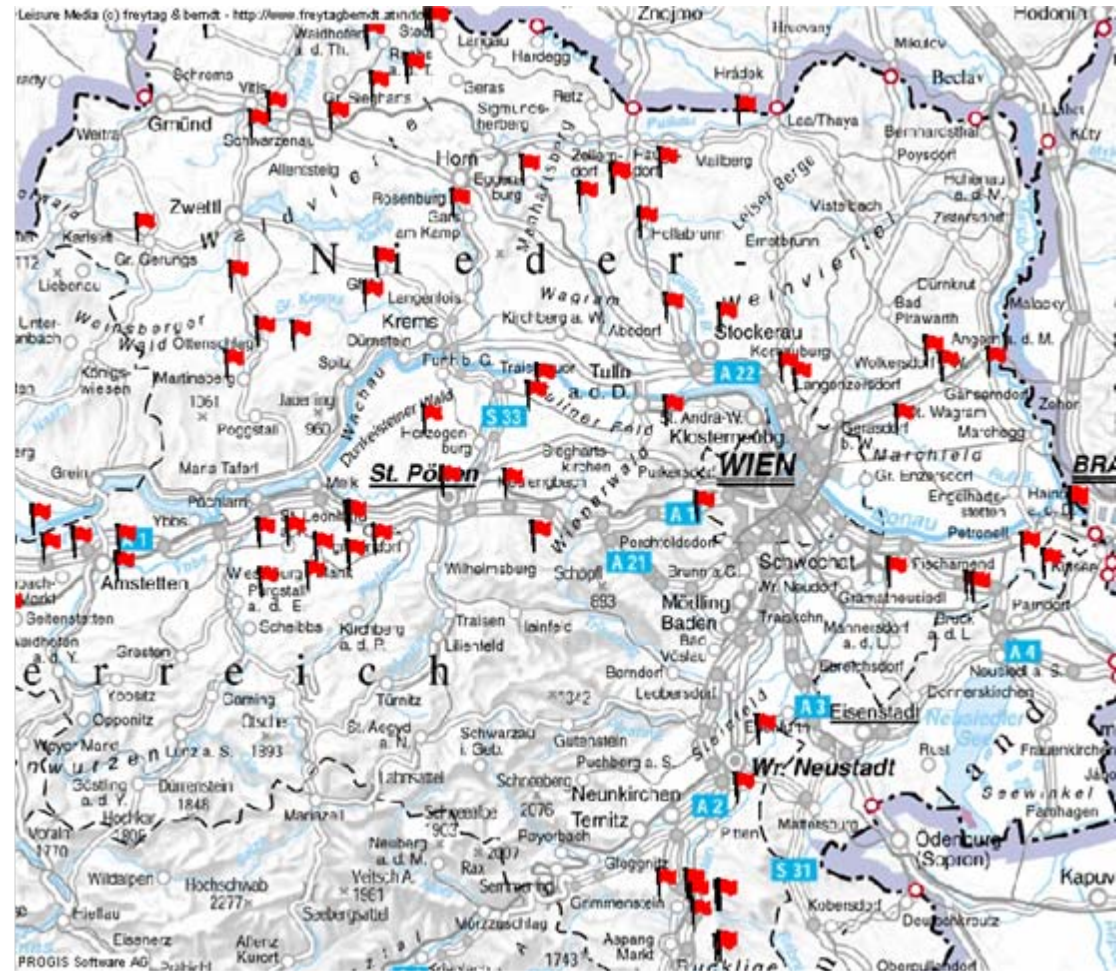
[www.ifa-tulln.ac.at](http://www.ifa-tulln.ac.at)



# Monitoring von 78 Biogasanlagen

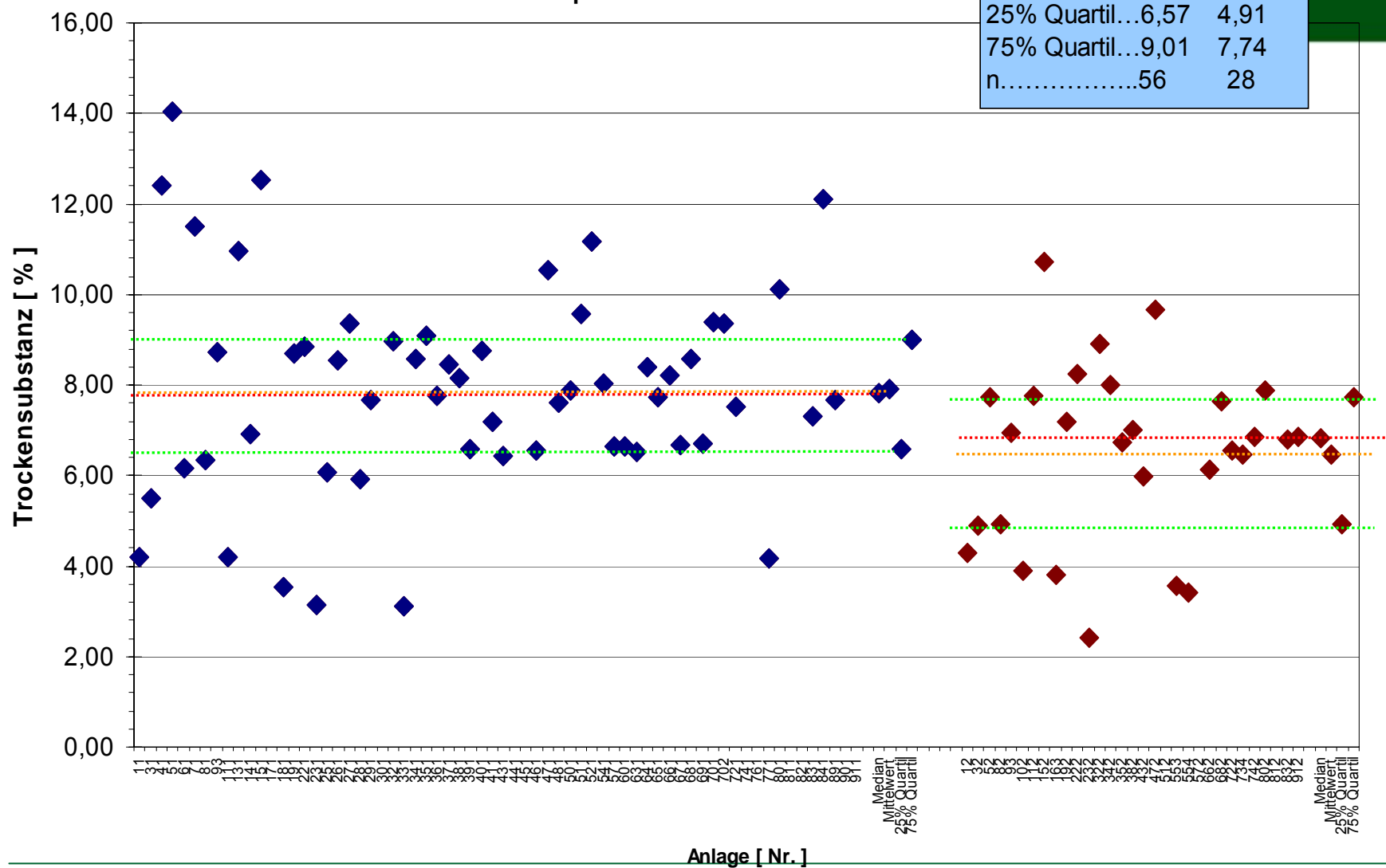
Bundesland Niederösterreich

- 78 Biogasanlagen
- Probenahme innerhalb 3 Wochen
- Analyse Fermentationsparameter



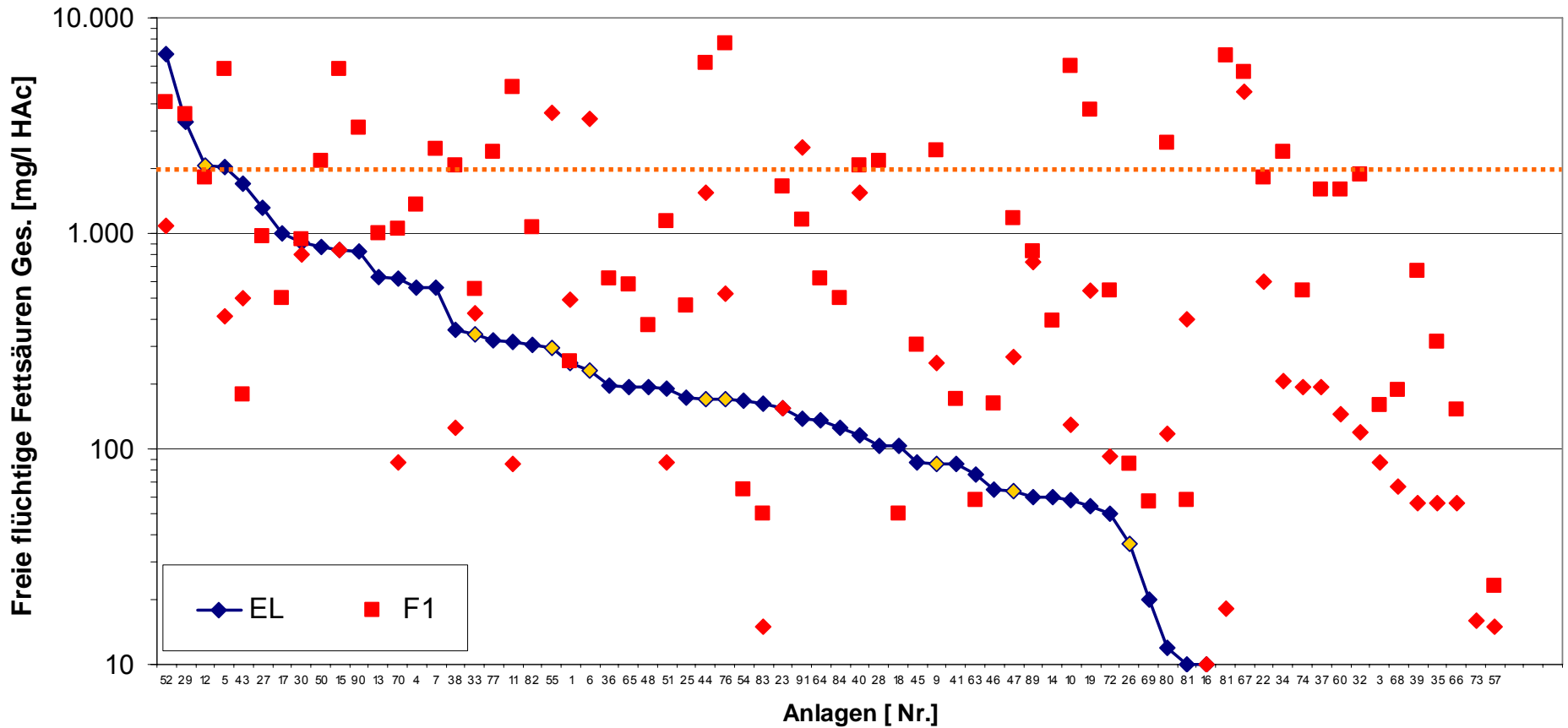
# Trockensubstanz Haupt- und Nachfermenter

	F1	F2
Median.....	7,82	6,82
Mittelwert.....	7,92	6,47
25% Quartil...	6,57	4,91
75% Quartil...	9,01	7,74
n.....	56	28



# Ausgärgrad / Ausbringfähigkeit

## Endlager: Freie wasserdampfvlüchtige Fettsäuren



# Empfohlene Betriebsparameter

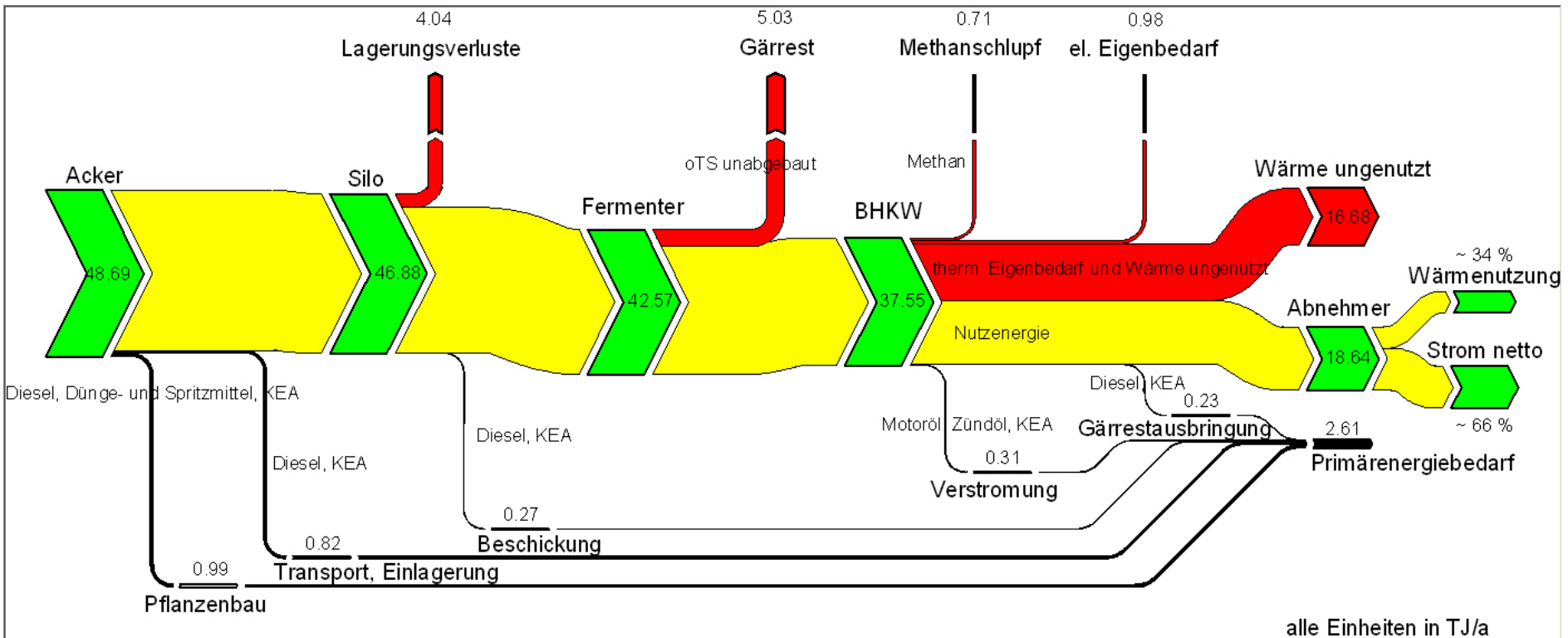
Basierend auf Erfahrungswerten aus Biogasanlagen



	Einheit	Wertebereiche		
		Grün	Gelb	Rot
pH	[-]	7,5 – 8,1	7,1 – 7,5	< 7,1; > 8,1
TS	[%]	3 – 9	< 3	> 9
OTS	[%]	2,4 – 5,5	< 2,4; 5,5 – 6,5	> 6,5
TKN	[g/l]	< 6	> 6	-
NH <sub>4</sub> -N	[g/l]	< 5	> 5	-
UAN *	[mg/l]	< 600	600 – 800	> 800
Essigsäure	[mg/l]	0 – 1.000	1.000 – 3.000	> 3.000
Propionsäure	[mg/l]	0 – 250	250 – 1.000	> 1.000
VFA gesamt	[g/l]	0 – 1.500	1.500 – 4.500	> 4.500
UFA gesamt **	[mg <sub>HAc</sub> /l]	0 – 2,5	2,5 – 20	> 20

(Quelle: Labor IFA-Tulln/UT;  
n = 167, DI Michael Laaber)

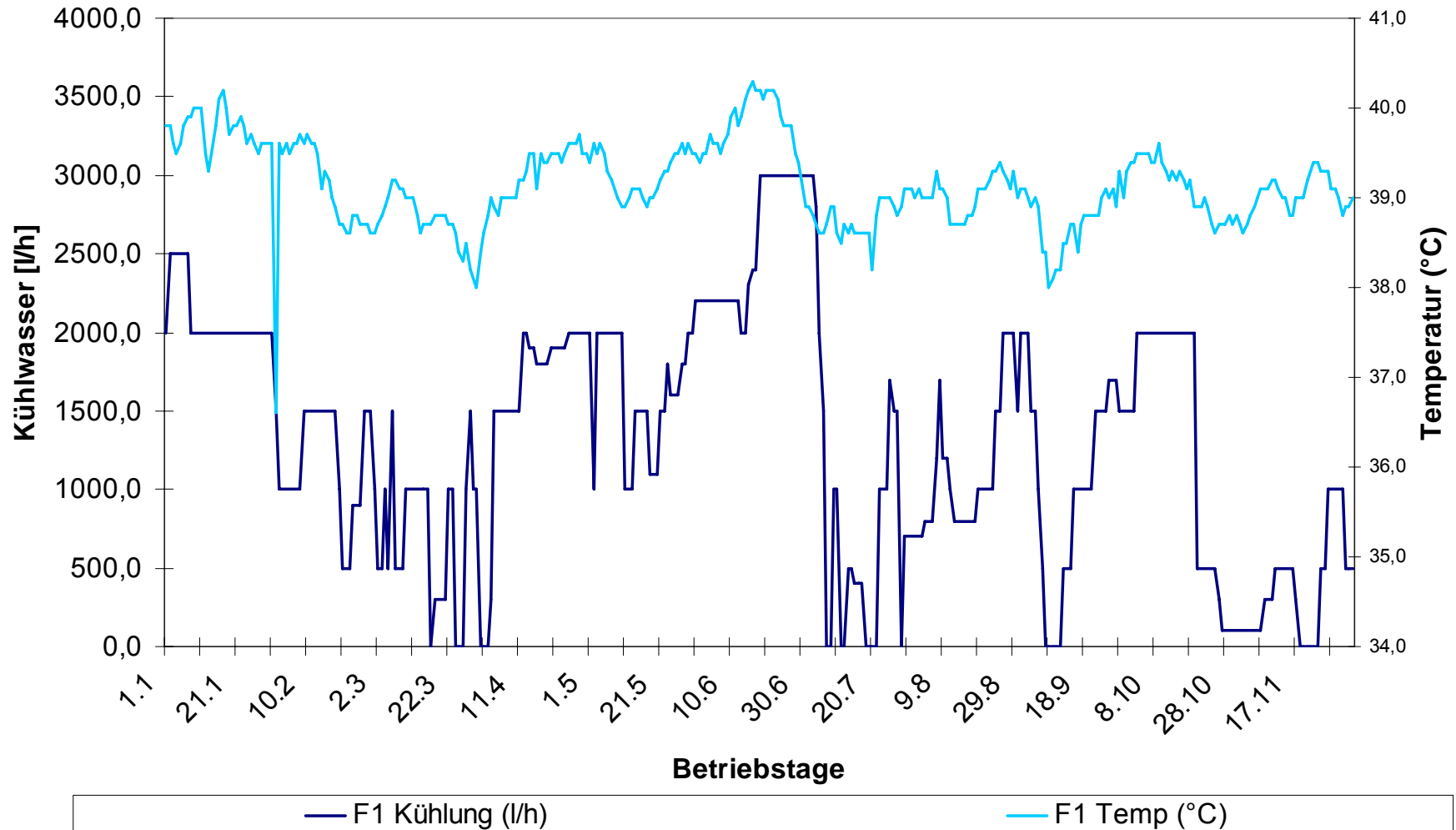
# Energiefluss: NAWARO+Gülle 1MW





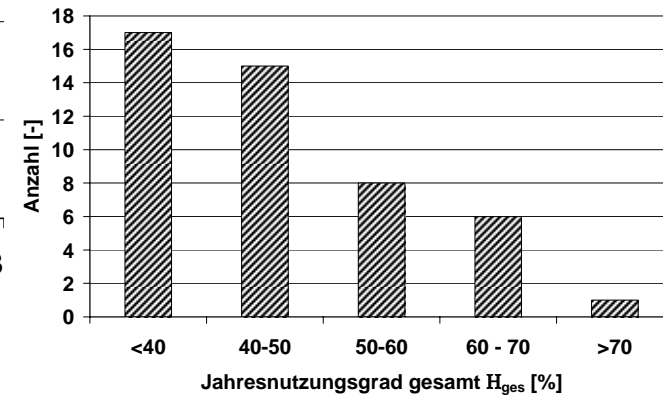
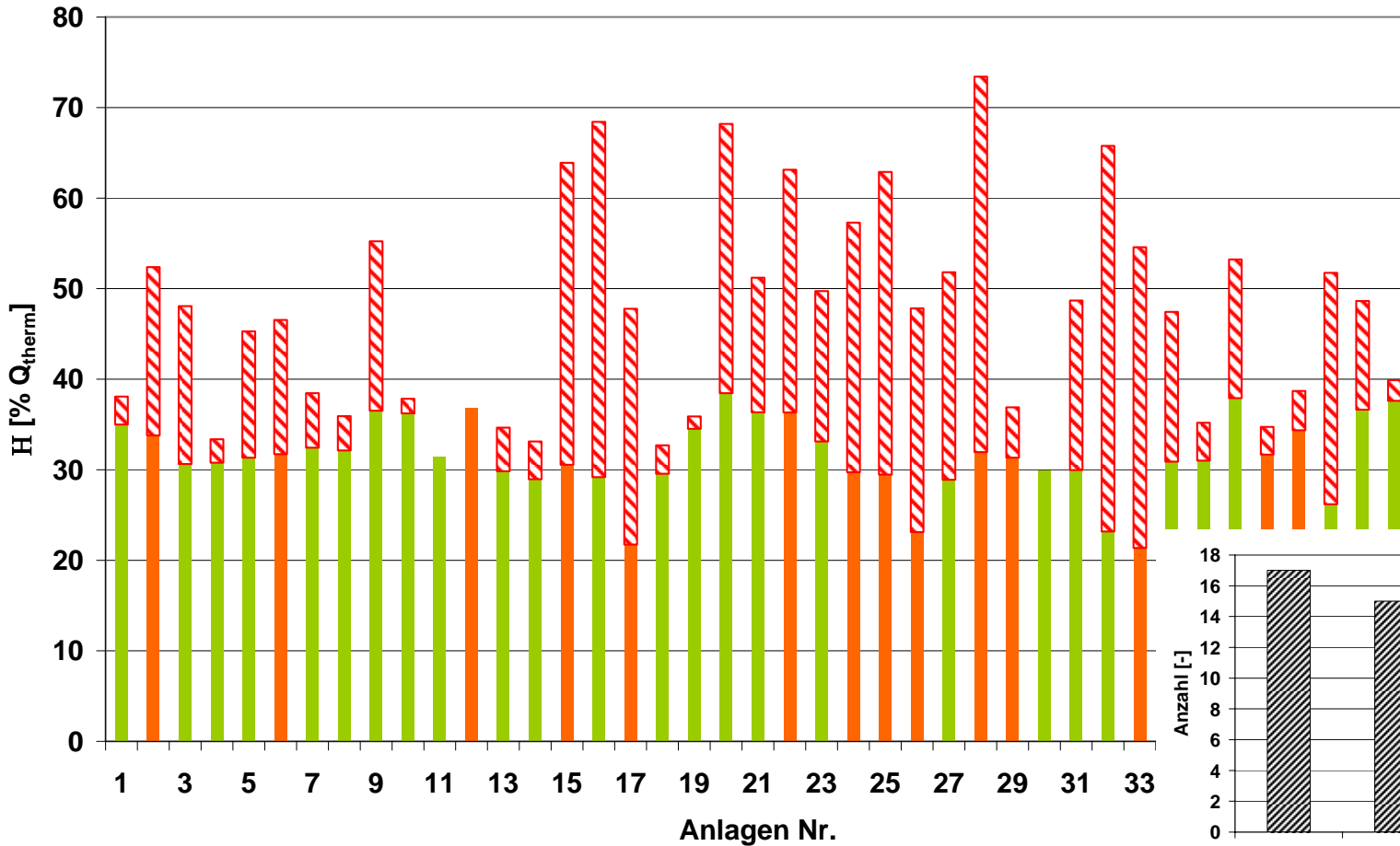
# Selbsterhitzung NaWaRo Biogasanlagen

## KühlwasserverbrauchNAWARO 1MW



# Energieausnutzung durch Verstromung

elektrisch / thermisch

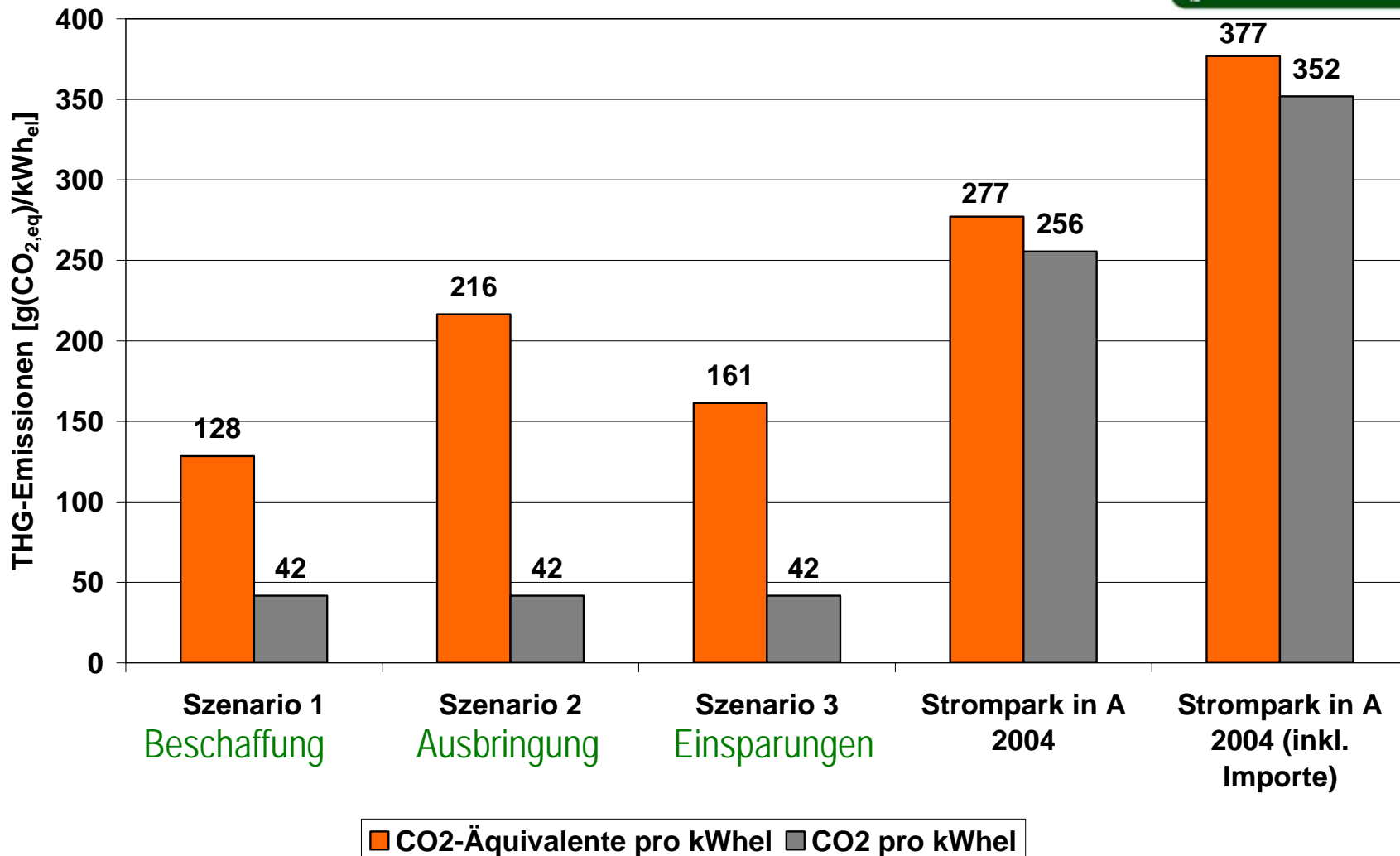


# Output / Input - Energiebilanz



	Anlage 1		Anlage 2		Anlage 3		Anlage 4		Anlage 5	
	Mais u.a.; landw. Reststoffe, Gülle Kein Mineraldüng., Zweistufig, 500 kW <sub>el</sub>		Mais, Klee gras, keine Gülle, Mineraldünger, Zweistufig, 500 kW <sub>el</sub>		Bioabfall, NAWAROs aus Überschuss Zweistufig, 1.672 kW <sub>el</sub>		Gülle (60%), Spei- sereste, Schlempe Zweistufig 200 kW <sub>el</sub> (Zündstrahl)		Gülle (90%), Fettabscheiderin- halte; 18 kW <sub>el</sub> (η BHKW nur 22 %)	
	Input	KEA	Input	KEA	Input	KEA	Input	KEA	Input	KEA
<b>O:I Strom/Wärme</b>	17,8	8,1	14,7	6,7	20,9	9,9	2,4	1,1	30,9	14,7
<b>O:I Strom</b>	11,7	5,4	10,5	4,8	20,9	9,9	2,1	1	14	6,7
<b>O:I Strom/Wärme</b>	18,7	8,6	14,7	6,7	8,7	4,1	2,5	1,2	34,4	16,5
<b>O:I Strom</b>	12,4	5,7	10,5	4,8	8,7	4,1	2,2	1,1	15,7	7,5
	<p><b>Wärmenutzungs- grad beeinflusst O:I-Verhältnis in NAWARO Anla- gen sehr stark!</b></p>				<p><b>Transport- aufwän- dungen verringern O:I-Ver- hältnis!</b></p>		<p><b>Zündölein- satz verur- sacht un- günst. O:I- Verhältnis</b></p>		<p><b>Güllever- gärung hat güns- tigstes O:I-Ver- hältnis!</b></p>	

# CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich





# OPTIMIERUNGSPOTENZIAL

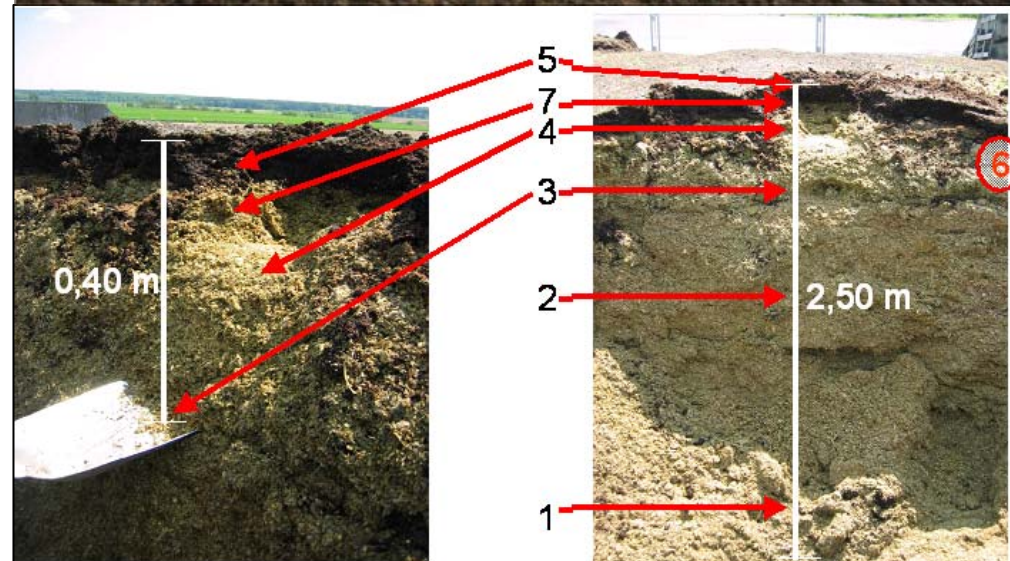


Großes Opt.-Potenzial	Mittel	Klein
Auswahl des Standortes	Anlagendimensionierung	Auswahl Anlagentyp
Auswahl Planer	Fermenterbauweise	Absperreinrichtungen
Betonbau	Beheizung	Gasfackel
Rührtechnik	Messtechnik	Isolierung Fermenter
Anlagensvisualisierung <500kW	Hilfsstoffe / Hilfsmaterialien	Anlagensvisualisierung >500kW
Einbringeinrichtungen	Rohrleitungen	Luft-, Biofilter
Energieeigenbedarf	Gasmotor-BHKW	Blitzschutz
Pumpen / Pumpstationen	Zugangsmöglichkeiten	Füllstandskontrolle
Wärmenutzung	Elektroinstallationen	Hygienisierung
Anlieferung/Lagerung Substrat	Bedienaufwand laufender Betrieb	Entschwefelung/ Entfeuchtung
Anlagensicherheit	<div data-bbox="740 925 1887 1403" style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <h2 style="color: green; margin: 0;">Ergebnis Betreibereinschätzung</h2> <p style="margin: 0;">40 Anlagenbetreiber, Konstrukteure, Berater EdZ „Strateg. Lernen“</p> </div>	
Zusammenspiel Professionisten beim Bau		
Anfahrbetrieb		
Laufende Prozesskontrolle		
Regulärer Anlagenbetrieb		
Wartung der Anlage		

# Versuche zur Substratlagerung

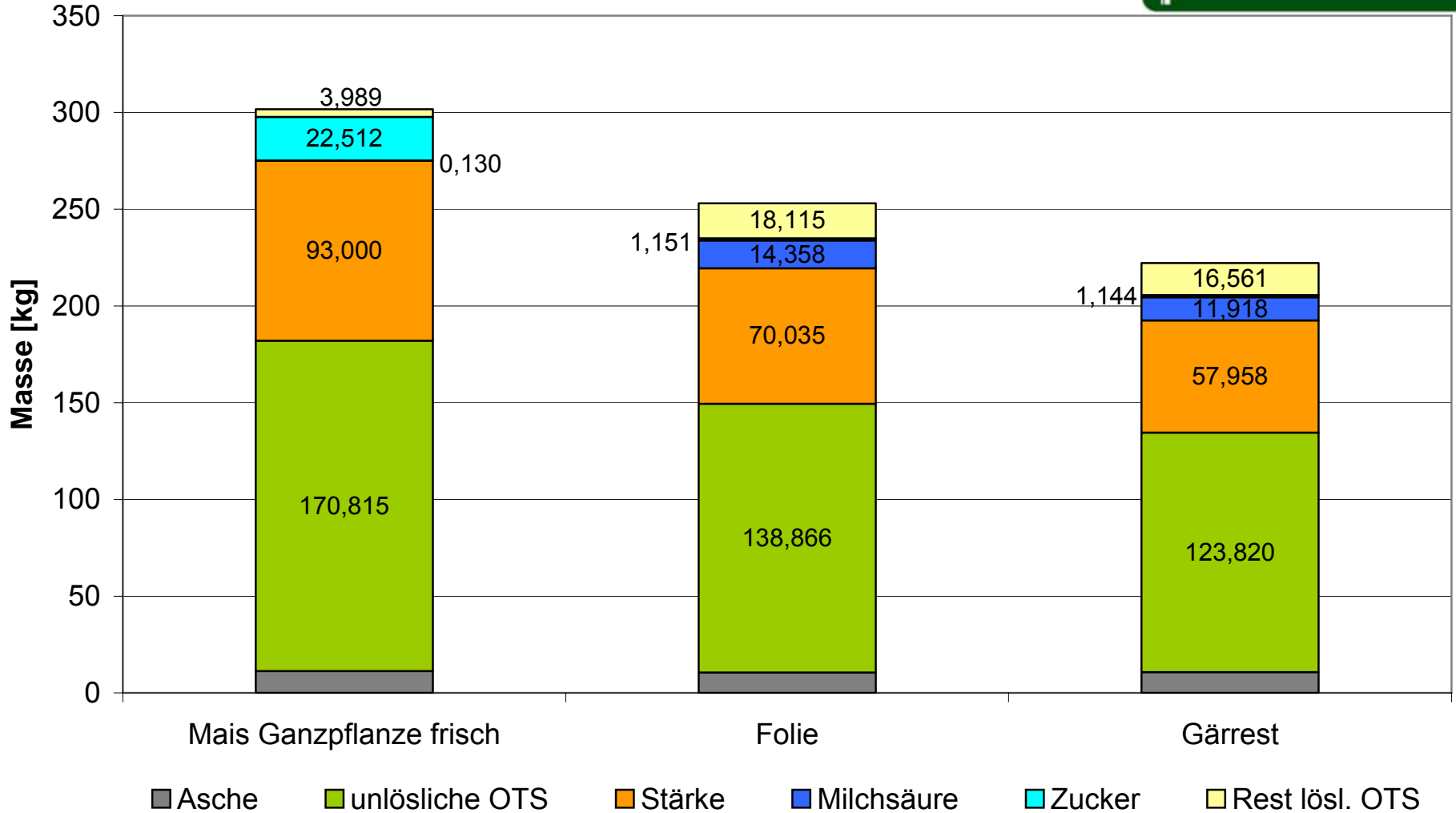
## Folienabdeckung vs. Abdeckung mit Gärrest

- 1 Fahrсило: halbe:halbe
- Abarbeitung in 3 Monaten
- Probenahme jede Woche
- Analytik:
  - Nasschem. Parameter (pH, OTS etc.)
  - Stärke
  - Zucker, organische Säuren, Ethanol
  - Mikrobiologisches Screening
    - Milchsäurebakterien
    - Hefen und Schimmelpilze



# Stoffumsatz bei der Silierung

Aufschlüsselung TS je Tonne Frischsubstanz im Silo



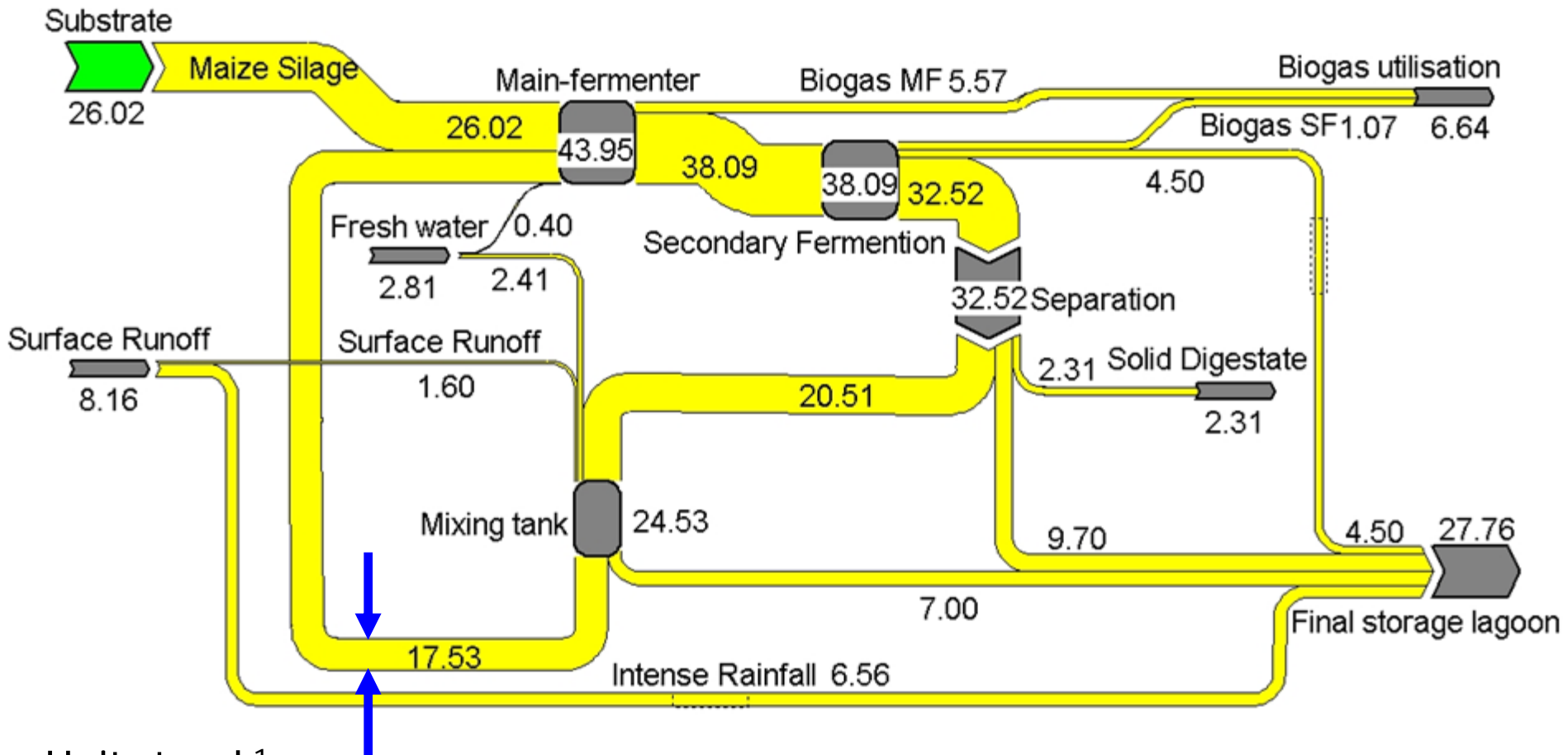
# Siliverversuch - Schlussfolgerungen

- Aufgrund der Verluste bei der alternativen Abdeckung (fester Gärrest) entstehen durch zusätzlichen Substratbedarf Kosten von 25.000,- €/Jahr (bei einer Anlagegröße von 500 kW<sub>el</sub>)
- Kosten für Folienabdeckung: 15.000,- €/Jahr
- Verzicht auf Folienabdeckung kann daher nicht empfohlen werden!
- Für die Silagebereitung aus Energiepflanzen gelten dieselben Grundsätze wie bei der Futtermittelbereitung!



# Massenbilanz

## A. Biogasanlage 500kWel., reine Maissilage

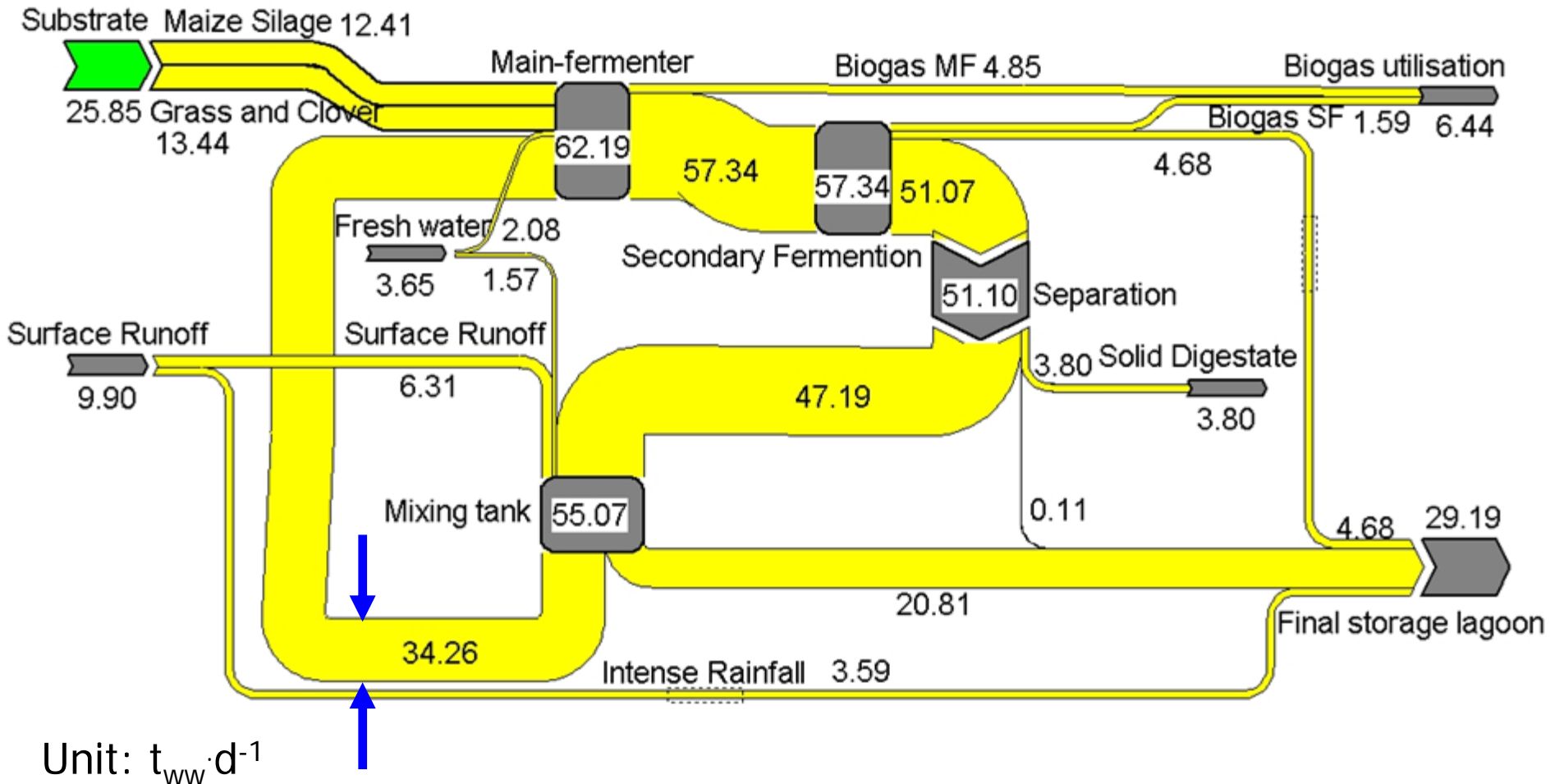


Unit:  $t_{ww} \cdot d^{-1}$



# Massenbilanz

## B. Maissilage (48%), Gras- und Kleegrassilage (52%)



# Gegenüberstellung Mais / Mais+Gras

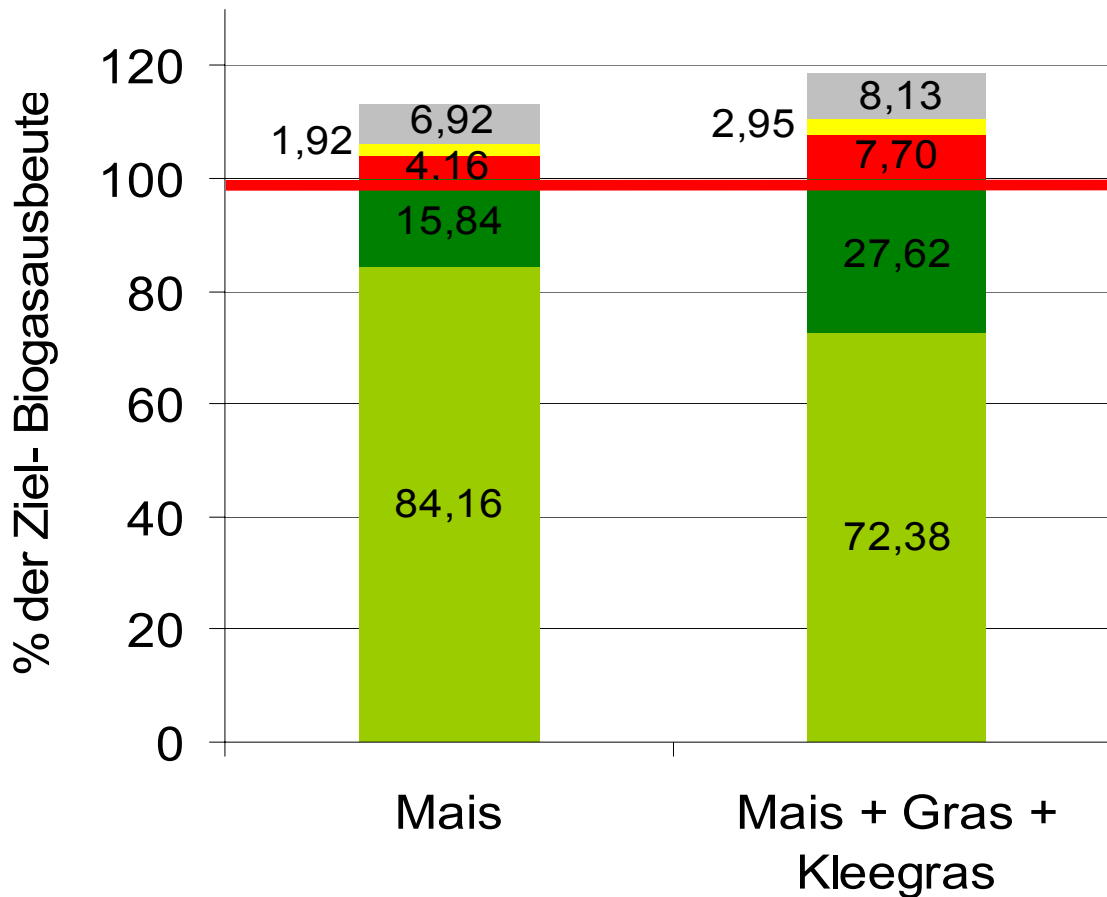
## Feststoffverweilzeit, Gasproduktion



	Einheit	Mais GPS	Mais, Gras, Kleegras
<b>Feststoffverweilzeit</b>			
SRT Hauptfermenter	d	63,40	33,73
SRT Nachfermenter	d	65,08	34,76
<b>Biogasproduktion</b>			
Hauptfermenter	$\text{Nm}_{\text{Gas}}^3 \text{m}_{\text{FV}}^{-3} \text{d}^{-1}$	2,96	2,43
Nachfermenter	$\text{Nm}_{\text{Gas}}^3 \text{m}_{\text{FV}}^{-3} \text{d}^{-1}$	0,55	0,81

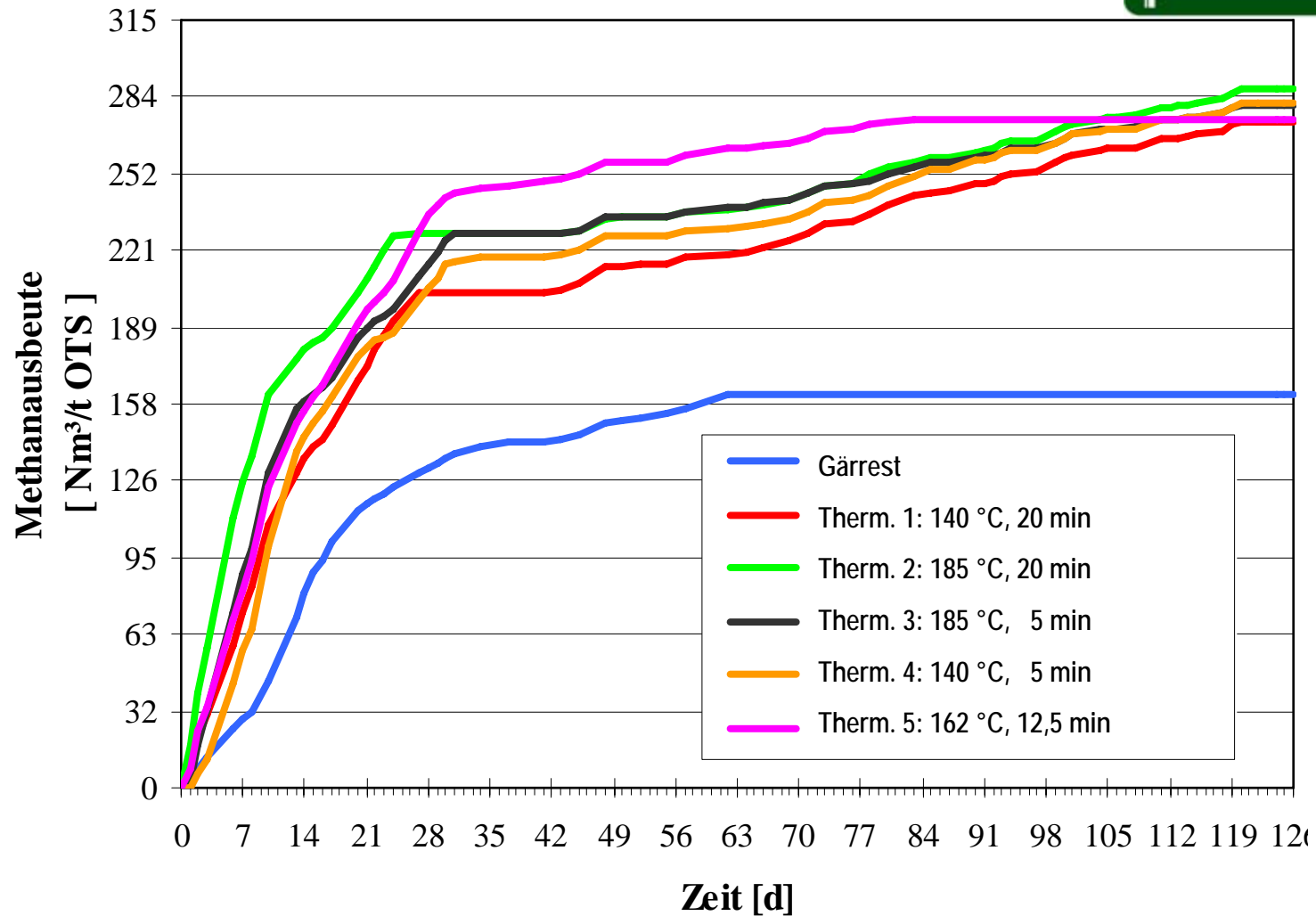
# SUBSTRATAUSNUTZUNG

## Restgärpotenzial



- Nicht Verwertbar
- Restmethanpotential Flüssig-Fraktion
- Restmethanpotential Feststoff-Fraktion
- Methan Nachfermenter
- Methan Hauptfermenter

# Gärrest Nachbehandlung



# Schlussfolgerungen aus Versuchen



- **Periodisches Monitoring**
  - Erhöhte Betriebssicherheit bzw. -effizienz
  - Gesicherte Betriebs- und Auslegungsdaten
  - Zusatzinformationen ermöglichen Anlagenverbesserung (Gärungstemperatur, Emissionen, Energiebilanz, Akzeptanz)
- **Praxis Optimierungswünsche kurzfristig orientiert**
- **Techn. Optimierungspotenzial teilweise groß**
  - (z.B. Endlagerabdeckung)
- **Substratmanagement betriebstechn. u. ökonomisch wichtig**
  - Silage Lagerverluste
  - Substratwechsel Mais / Gräser
  - Chem. /physikal. Faseraufschluss erhöht Restgärpotenzial um 5,8%



# Danke für Ihre Aufmerksamkeit



Biogas Research and Consulting Group  
IFA-Tulln  
BOKU - Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Umweltbiotechnologie  
A-3430 Tulln, Konrad Lorenz Str. 20

Tel: +43 2272 66280 501

Mob: +43 676 83280501

Fax: +43 2272 66280 503

Mail: [rudolf.braun@boku.ac.at](mailto:rudolf.braun@boku.ac.at)

