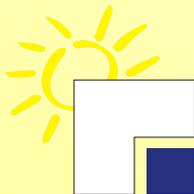


# Ökologische und ökonomische Optimierung von bestehenden und zukünftigen Biogasanlagen



Hochschule Ingolstadt  
**KOMPETENZFELD**  
**ERNEUERBARE ENERGIEN**



Prof. Dr.-Ing. Wilfried Zörner  
Dipl.-Ing. (FH) Georg Häring  
Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Matthias Sonnleitner

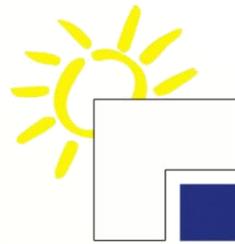
Fachhochschule Münster  
**FACHBEREICH**  
**ENERGIE • GEBÄUDE • UMWELT**



Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Dipl.-Ing. (FH) Elmar Brüggling, M.Sc.  
Dipl.-Ing. (FH) Christin Bücken



Dipl.-Ing. Techn. Umweltschutz  
Regine Vogt

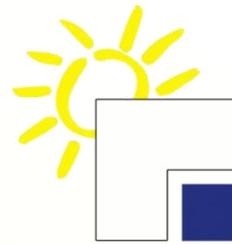


- ❖ **Projekthintergrund**
- ❖ **Vorgehensweise und exemplarische Ergebnisse**
- ❖ **Schwachstellenanalyse**
- ❖ **Handreichung**
- ❖ **Fazit**



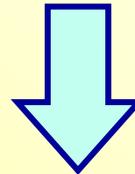


- ❖ **Projekthintergrund**
- ❖ Vorgehensweise und exemplarische Ergebnisse
- ❖ Schwachstellenanalyse
- ❖ Handreichung
- ❖ Fazit



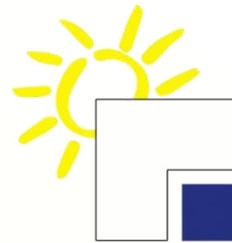
### Motivation

- ▶ Erhöhung der Wirtschaftlichkeit      ▶ **Ökonomie**
- ▶ Minimierung von THG-Emissionen      ▶ **Ökologie**

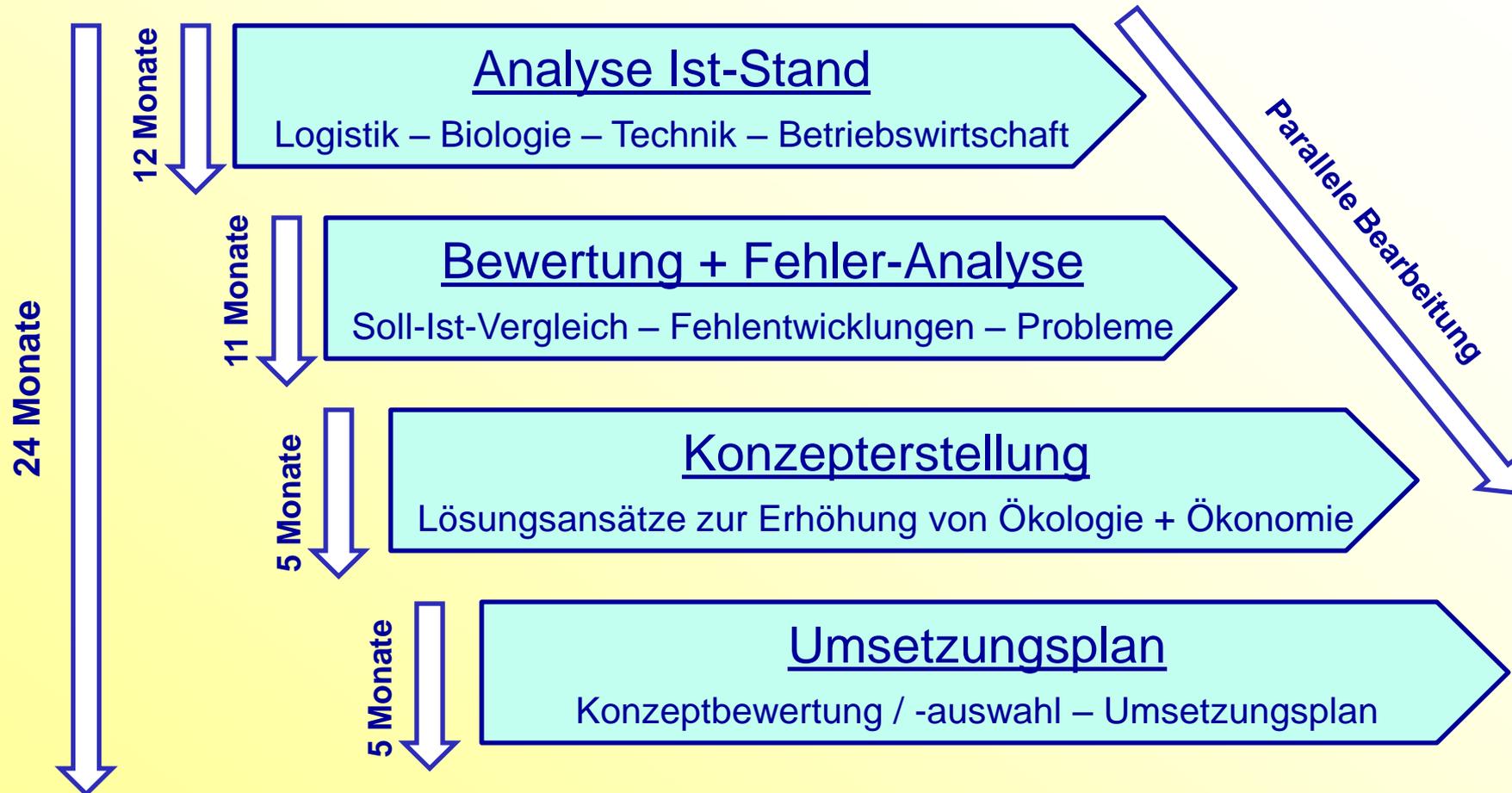


**Handreichung zur  
Optimierung von Biogasanlagen**

## Projekthintergrund (2)



### Projekttablauf





- ❖ Projekthintergrund
- ❖ **Vorgehensweise und exemplarische Ergebnisse**
- ❖ Schwachstellenanalyse
- ❖ Handreichung
- ❖ Fazit

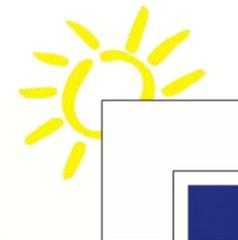
## Vorgehensweise (1)



### Ausgewählte Anlagen in Bayern

	Landkreis	kW <sub>el</sub>	BHKW	Einsatzstoffe	Hersteller	Fermenter-Bauart	Inbetriebnahme
BY 1	Cham	30	Zündstrahl	NawaRo + Gülle	Eigenbau	stehend	1999
BY 2	Donau-Ries	100	Gas		Eigenbau	stehend	2002
BY 3	Bayreuth	170	Gas		UTS / Eigenbau	stehend	2001
BY 4	Eichstätt	250	Gas		Niersberger	stehend	2005
BY 5	Rottal-Inn	190	Gas		UTS / Eigenbau	stehend	2006
BY 6	Passau	320	Zündstrahl		Schmack	stehend / liegend	2001
BY 7	Dachau	380	Gas		Ing. Büro Dickhoff / Eigenbau	stehend	2005
BY 8	Eichstätt	380	Gas	NawaRo	NQ Anlagentechnik GmbH	stehend	2004/2006
BY 9	Landshut	526	Gas	NawaRo + Gülle	Cowatec	stehend / liegend	2006
BY 10	Passau	560	Gas		Hochreiter	stehend	2002

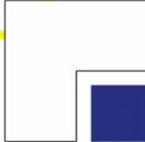
## Vorgehensweise (2)



### Ausgewählte Anlagen in NRW

	Landkreis	kW <sub>el</sub>	BHKW	Einsatzstoffe	Hersteller	Fermenter-Bauart	Inbetriebnahme
<b>MS 1</b>	Steinfurt	250/440	Zündstrahl/ Gas	NawaRo + Gülle	Plan ET Biogastechnik	stehend	2006/2009
<b>MS 2</b>	Steinfurt	300	Gas		Komponentenbau	stehend	2004
<b>MS 3</b>	Münster	350	Gas		EnviTec	stehend	2006
<b>MS 4</b>	Steinfurt	499	Zündstrahl		Lipp GmbH	stehend	2004
<b>MS 5</b>	Steinfurt	499	Gas		EnviTec	stehend	2005
<b>MS 6</b>	Borken	520	Zündstrahl		Komponentenbau	stehend	1998
<b>MS 7</b>	Unna	175/650	Zündstrahl	NawaRo + Gülle + Co- Substrate	Biogas Nord	stehend	1998/2008
<b>MS 8</b>	Steinfurt	1.022	Gas	NawaRo + Gülle	Komponentenbau	stehend	2004
<b>MS 9</b>	Steinfurt	1.590	Gas		Komponentenbau	stehend	2006
<b>MS 10</b>	Steinfurt	1.130/2.086	Gas		Komponentenbau	stehend	2002/2008

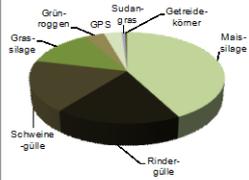
# Vorgehensweise (3)



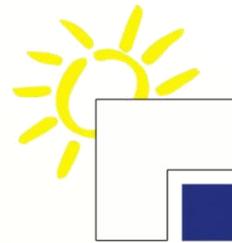
## Analysebogen

- ▶▶ allgemeine Betriebsdaten
- ▶▶ Substrate
- ▶▶ Biogaserzeugung
- ▶▶ BHKW
- ▶▶ Stromproduktion
- ▶▶ Wärmenutzung
- ▶▶ Gesamtwirkungsgrad
- ▶▶ Eigenstromverbrauchversorgung
- ▶▶ Vergleich mit KTBL-Daten

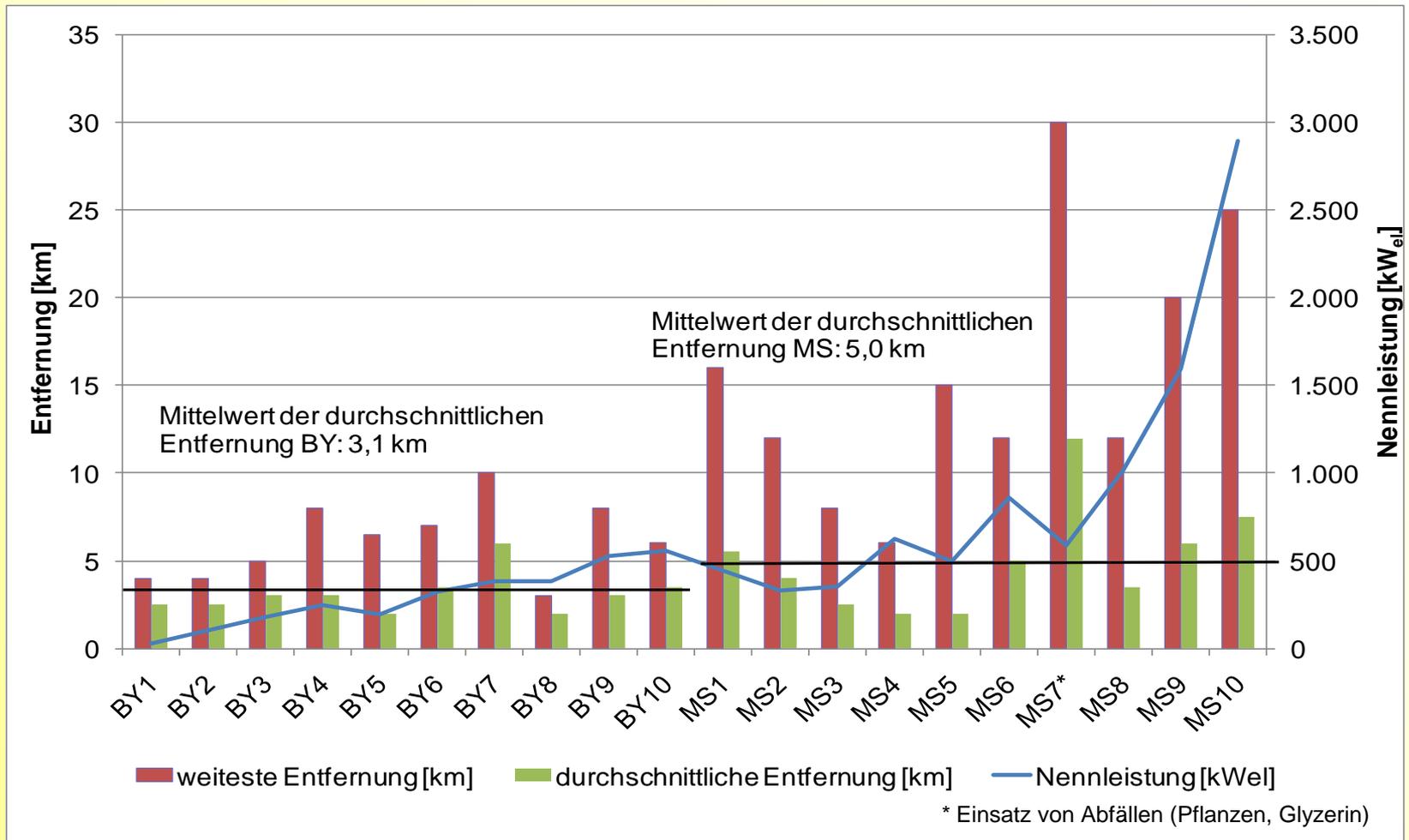
Biogasanlage BY 5					
Allgemein					
Inbetriebnahme	2005				
Planung/Bau	UTS Biogastechnik GmbH				
Nutzfläche Energiepflanzenanbau	80 ha				
Tierbesatz auf eigenem Hof	35 GVE Mastriinder				
					
Substrate		[%]	[t/d]		
Maissilage	42,3	<b>5,8</b>			
Rindergülle	18,3	<b>2,5</b>			
Schweinegülle	19,2	2,5			
Grassilage	13,0	1,8			
Grünroten	3,9	0,5			
GPS	3,4	0,5			
<b>Sudankas</b>	0,6	<b>0,1</b>			
<b>Getreidekörner</b>	0,4	<b>0,1</b>			
Summe		13,7			
mittl. Trockenmassenanteil*					
[% TM]	23,6				
mittl. organischer Trockenmassenanteil*					
[% oTM]	92,2				
Betriebsdaten			Fermenter	Nachgärer	Endlager
Betriebstemperatur	[°C]	40	40		
Arbeitsvolumen	[m³]	990	990	1.160	1.980
zugeführte Substratmasse	[t/d]	14			14
zugeführte Substratvolumen	[m³/d]	20			20
hydraulische Verweilzeit*	[d]	48	48		97
Raumbelastung	[kg oTM/m²Arbeitsvolumen · d]				1,5
spez. Faulraum	[m³/KW <sub>el</sub> im Leistung]				10
Biogas					
Zusammensetzung	CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [ppm]	NH <sub>3</sub> [ppm]
	53,9	45,6	0,3	134	609
Methanausbeute*	[Nm³/t <sub>sub</sub> ]	81,7			
Methanproduktivität*	[Nm³/m <sup>3</sup> Arbeitsvolumen]	0,6			
BHKW					Summe
Anzahl		1			
Hersteller		Riemag			
Typ		Gasmotor			
Motor		MAN			
Zylinder		8			
Hubraum	[l]	12,8			
Wirkungsgrad elektrisch**	[%]	38,8			
Wirkungsgrad thermisch**	[%]	47,8			
el. Nennleistung**	[KW <sub>el</sub> ]	190			190
th. Nennleistung**	[KW <sub>th</sub> ]	235			235
Stromproduktion					Summe
durchschnittliche Leistung	[KW <sub>el</sub> ]	181			181
Auslastung	[%]	<b>95</b>			95
theoretische Volllaststunden	[h/a]	8.332			8.332
Bruttostromerzeugung	[KW <sub>h</sub> /a]	1.583.162			1.583.162
Stromertrag pro t FM	[KW <sub>h</sub> /t <sub>sub</sub> ]	316			316
Wärmenutzung					
anfallende Wärme*	[KW <sub>th</sub> /a]	<b>1.950.390</b>			
Prozesswärme*	[KW <sub>th</sub> /a]	<b>243.799</b>			
genutzte Wärmemenge	[KW <sub>th</sub> /a]	<b>901.843</b>			
Gesamtnutzungsgrad	[%]	<b>67</b>			
Eigenstromverbrauch					
Biogaserzeugung	[KW <sub>th</sub> /d]	<b>202,2</b>			
BHKW	[KW <sub>th</sub> /d]	93,2			
Gesamt	[KW <sub>th</sub> /d]	<b>295,4</b>			
Eigenstromanteil	[%]	6,8			
Spezifische Rührenergie	[KW <sub>h</sub> /t <sub>sub</sub> ]	<b>12,2</b>			
Spezifische Rührenergie	[KW <sub>h</sub> /100m <sup>3</sup> Arbeitsvolumen]	8,5			
Eigenbedarf Einbringung ohne Gülle	[KW <sub>th</sub> /t <sub>sub</sub> ]	<b>0,6</b>			
Substratnutzungsgrad	[%]	<b>116</b>			
Faktor	[%]	<b>116</b>			
* berechnet					
** nach Herstellerangaben					



## Vorgehensweise (4)

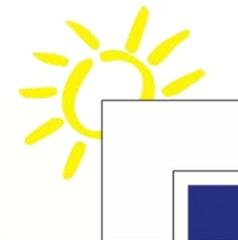


### Substratbereitstellung – Transportentfernung der Anbauflächen

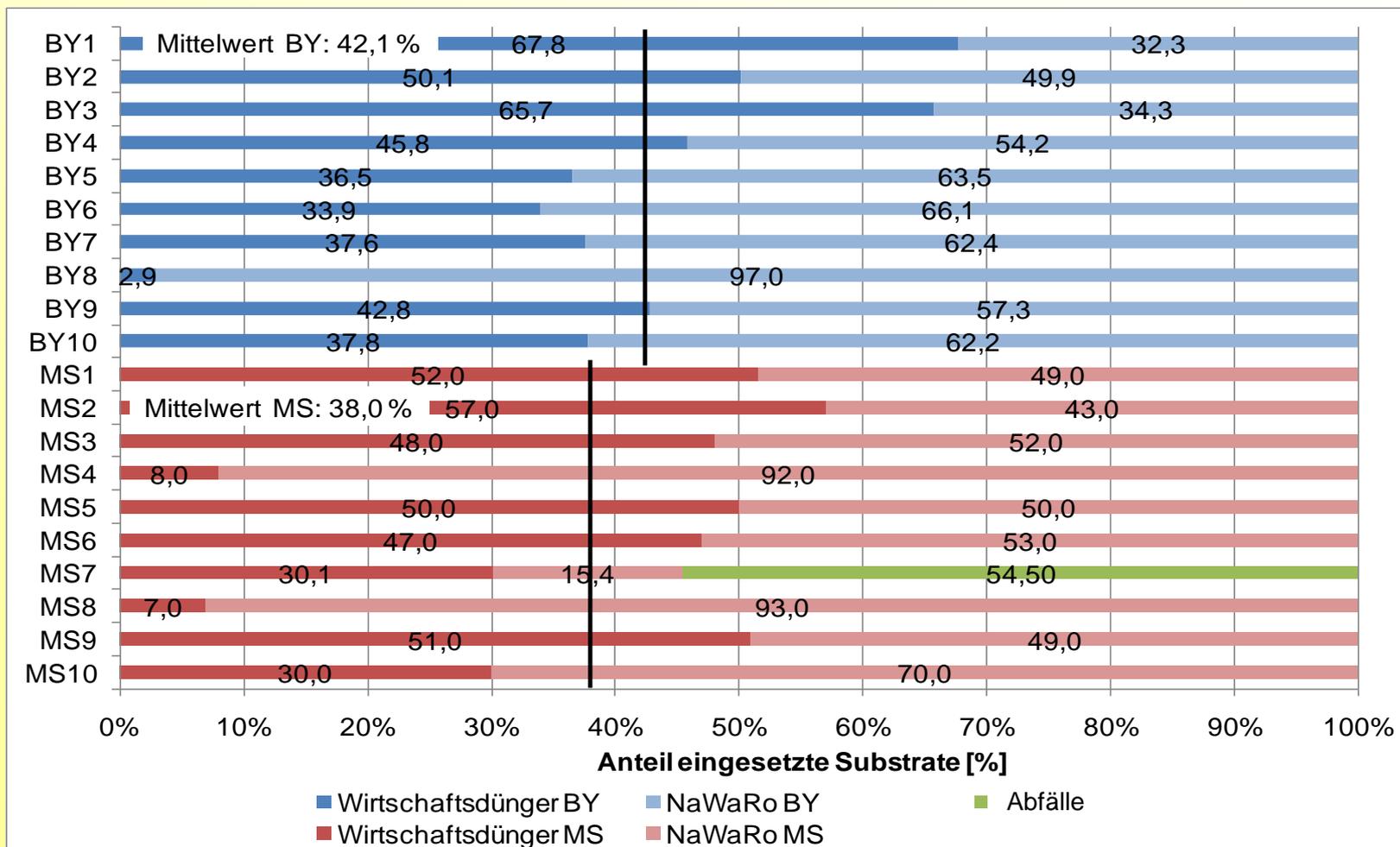


\* Einsatz von Abfällen (Pflanzen, Glycerin)

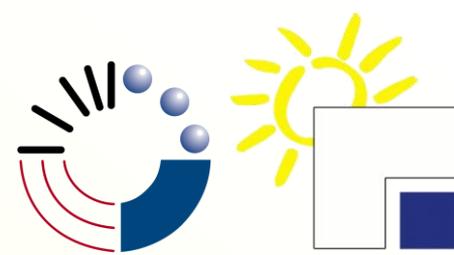
## Vorgehensweise (5)



### Biogaserzeugung – Substratzusammensetzung



## Vorgehensweise (6)



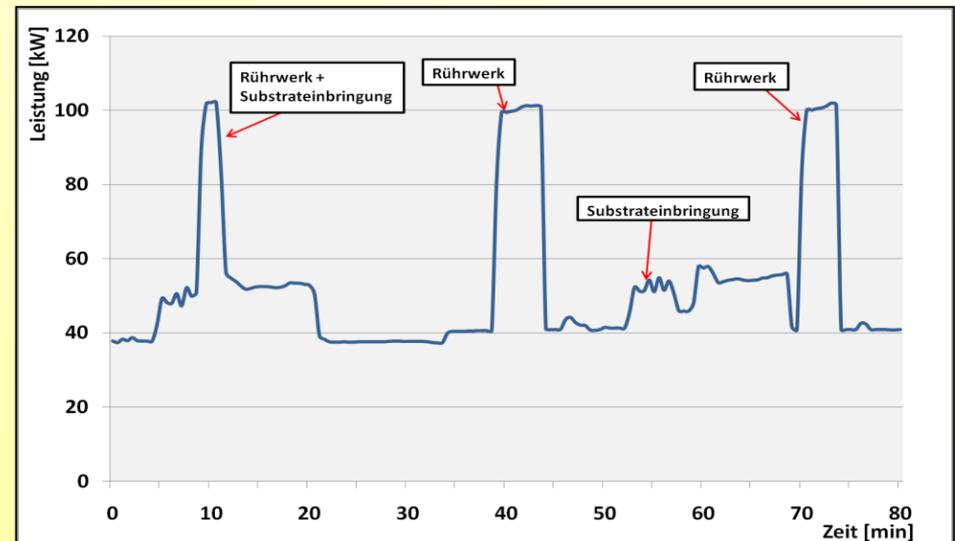
### Eigenenergieverbrauch (1)

#### ▶ Eigenenergieverbrauch BHKW

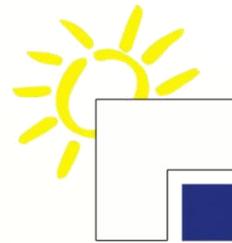
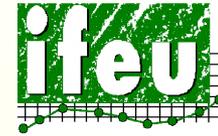
- ▶ Umwälzpumpen
- ▶ Notkühler usw.

#### ▶ Eigenenergieverbrauch Anlagenkomponenten

- ▶ Rührtechnik
- ▶ Pumpentechnik
- ▶ Einbringtechnik usw.



# Vorgehensweise (7)

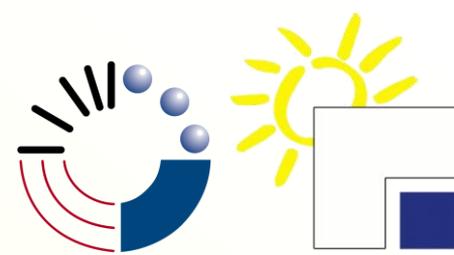


## Eigenenergieverbrauch (2)

Eigenenergieverbrauch				
Eigenenergieverbrauch BHKW	gemessene Wirkleistung	Laufzeit pro Tag	verbrauchte Energie pro Tag	Anteil am Eigenbedarf
	[kW <sub>el</sub> ]	[h/d]	[kWh <sub>el</sub> /d]	[%]
<b>1. BHKW 190 kW<sub>el</sub> MAN</b>				
Primärpumpe	0,99	23,65	23,41	7,9 %
Sekundärpumpe	0,92	23,65	21,76	7,4 %
Gasverdichter	0,85	23,65	20,10	6,8 %
Ladeluftkühler	0,19	16,80	3,19	1,1 %
Raumlüfter	0,51	23,65	12,06	4,1 %
Notkühler	1,27	10,02	12,72	4,3 %
Summe			<b>93,25</b>	
Eigenenergieverbrauch Anlagenkomponenten	gemessene Wirkleistung	Laufzeit pro Tag	verbrauchte Energie pro Tag	Anteil am Eigenbedarf
	[kW <sub>el</sub> ]	[h/d]	[kWh <sub>el</sub> /d]	[%]
<b>Einbringung</b>				
Fräseantrieb	3,00	1,23	3,69	1,2 %
Kratzboden	0,20	1,23	0,25	0,1 %
Eintragschnecke	1,23	1,29	1,58	0,5 %
<b>Fermenter</b>				
hydr. Tauchmotorrührwerk 1 + 2	22,30	5,26	117,23	39,7 %
Heizungspumpe Fermenter	0,21	24,00	5,04	1,7 %
<b>Nachgärer</b>				
hydr. Tauchmotorrührwerk 3	22,30	2,25	50,24	17,0 %
Heizungspumpe Nachgärer	0,20	24,00	4,80	1,6 %
<b>Sonstige Komponenten</b>				
Exzentrerschneckenpumpe Vorgrube - Fermenter	13,50	0,06	0,76	0,3 %
Exzentrerschneckenpumpe Zentrale Pumpstation	13,50	0,13	1,80	0,6 %
Entschwefelungsgebläse	0,54	24,00	12,96	4,4 %
Netzteil SPS	0,07	24,00	1,68	0,6 %
Steuertrafo	0,09	24,00	2,16	0,7 %
Summe			<b>202,19</b>	



## Vorgehensweise (8)

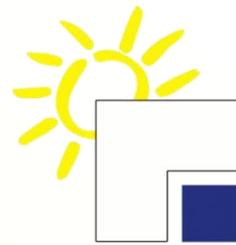


### Methanemissionen

- ▶ Aufspüren von Biogasleckstellen  
(→ Tickrate des Leckagedetektors zur Beurteilung)
- ▶ Ursachenforschung  
(→ Klassifizierung)
- ▶ Restgaspotenzial im Endlager



## Vorgehensweise (9)



### Klimagasbilanz (1)

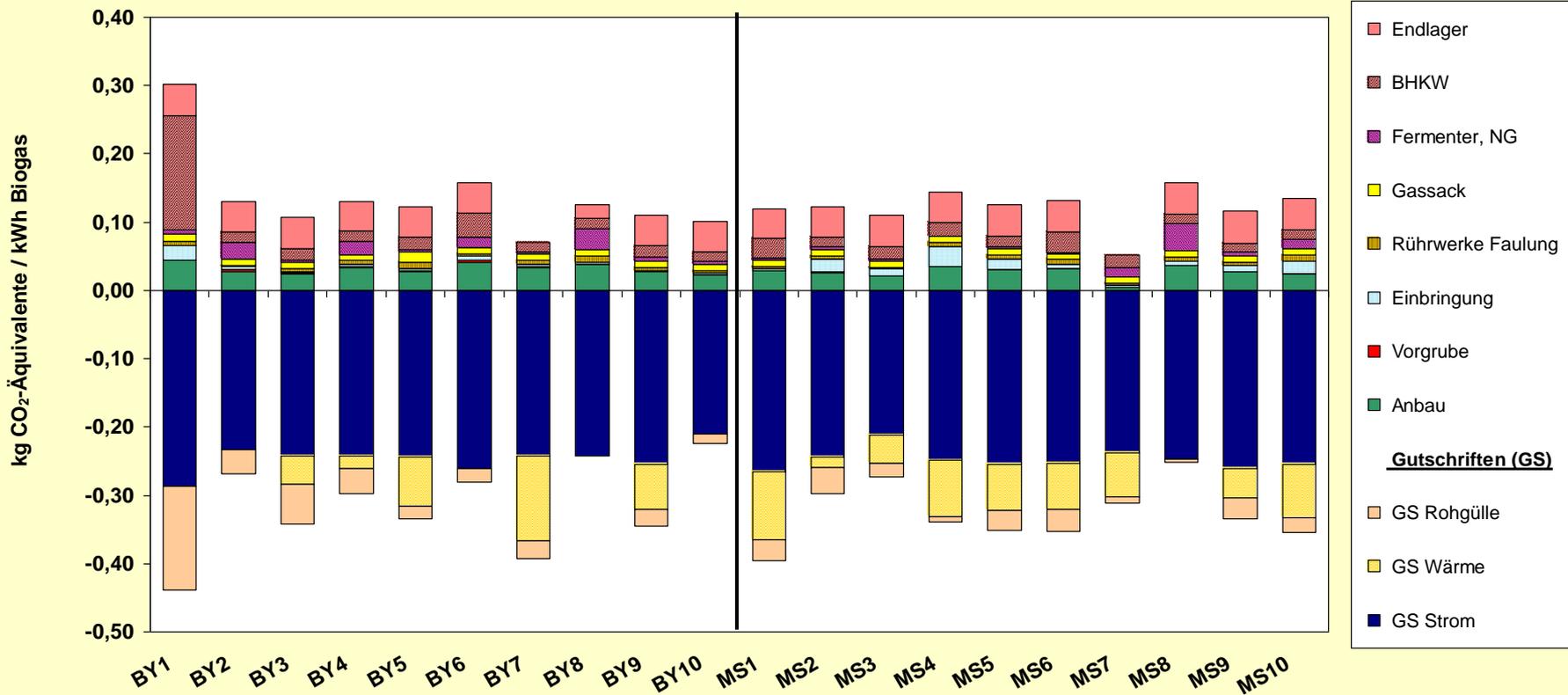
- ▶ **Treibhausgasbilanz in Anlehnung an Ökobilanznorm**
- ▶ **Betrachtungsraum**
  - ▶▶ **Gesamtlebensweg, Bereitstellung NawaRo und Gärrestanwendung pauschalisiert**
  - ▶▶ **Untersuchungsschwerpunkt Biogasanlage**
- ▶ **Ziel: Identifikation von Optimierungsmöglichkeiten**
  - ▶▶ **funktionelle Einheit: erzeugtes Biogas;  
für Anlagenvergleich spezifisch (→ Bezugsgröße: 1 kWh Biogas)**

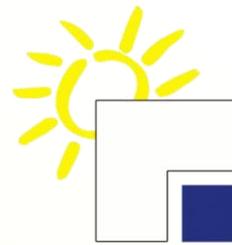
# Vorgehensweise (10)



## Klimagasbilanz (2)

### Treibhauseffekt Anlagen BY + NRW





- ❖ Projekthintergrund
- ❖ Vorgehensweise und exemplarische Ergebnisse
- ❖ **Schwachstellenanalyse**
- ❖ Handreichung
- ❖ Fazit

## Schwachstellenanalyse (1)



### Bewertungskriterien

	Einstufung		
	gering	mittel	hoch
Ökonomisches Verbesserungspotenzial	kaum Mehreinnahmen	mäßige Mehreinnahmen	hohe Mehreinnahmen
Ökologisches Verbesserungspotenzial	kaum Emissionsverminderungen	mäßige Emissionsverminderungen	hohe Emissionsverminderungen
Umsetzungspotenzial	in den meisten Betrieben umgesetzt	in vielen Betrieben umgesetzt	selten in Betrieben umgesetzt
Punktzahl	1	2	3
<b>Gesamtpunktzahl</b>	3	4-5	<b>6-9</b>

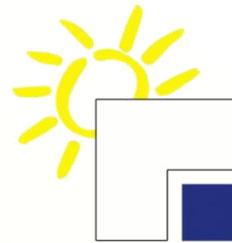
**Biogasnutzung**

**Anlagen-  
überwachung**

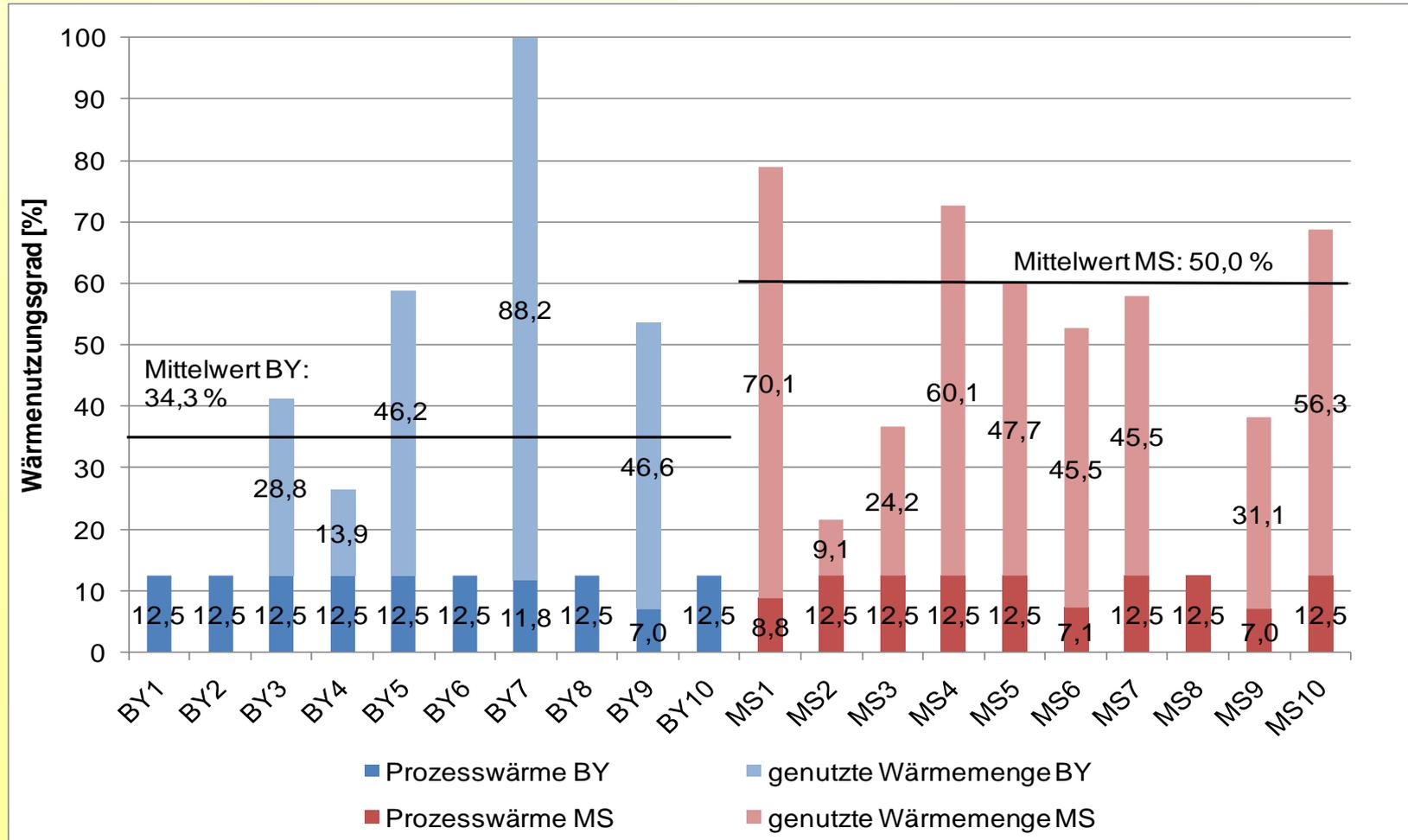
**Eigenenergie-  
verbrauch**

**Methan-  
emissionen**

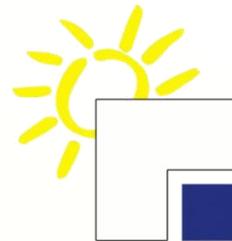
## Schwachstellenanalyse (2)



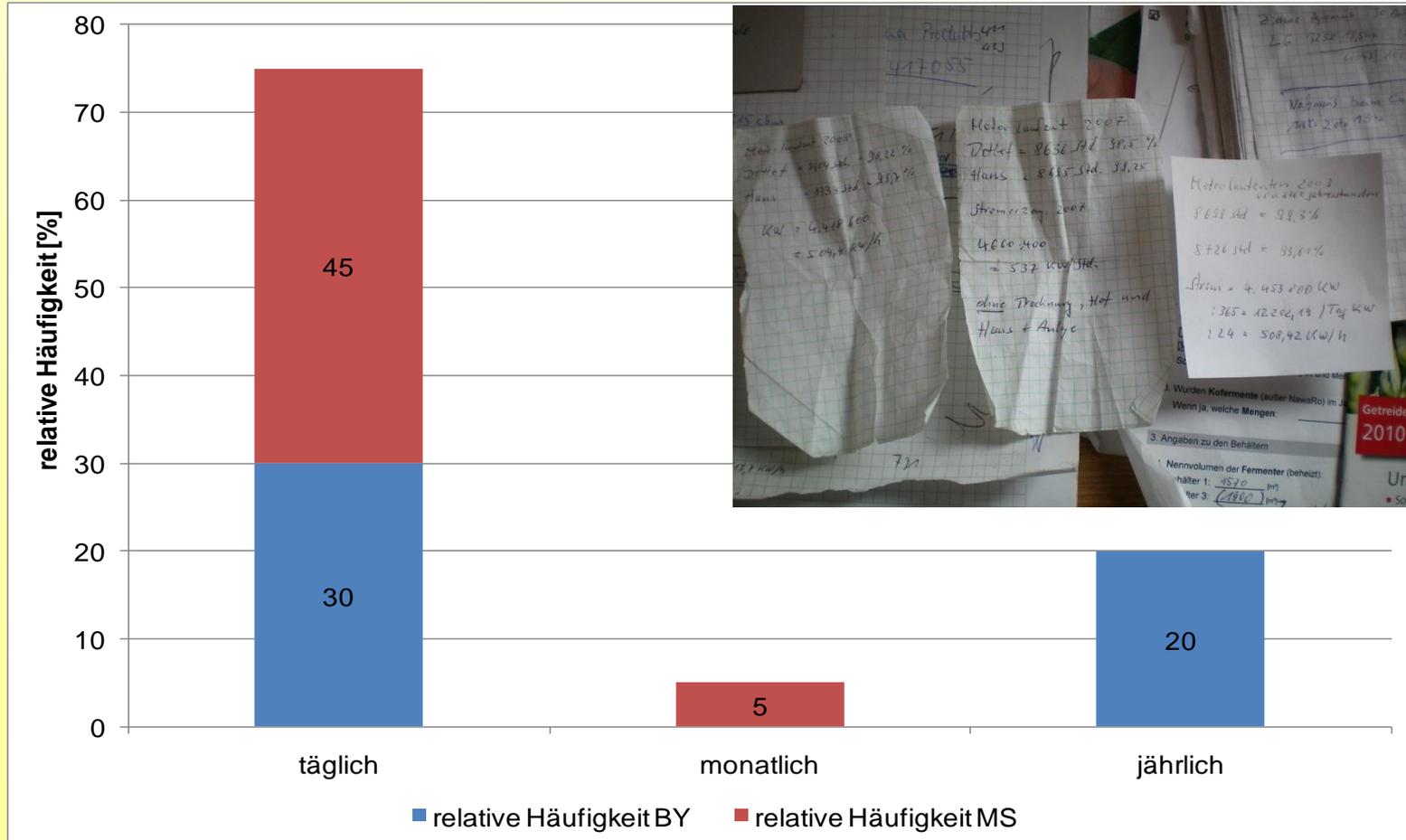
### Biogasnutzung – Wärmenutzung



# Schwachstellenanalyse (3)



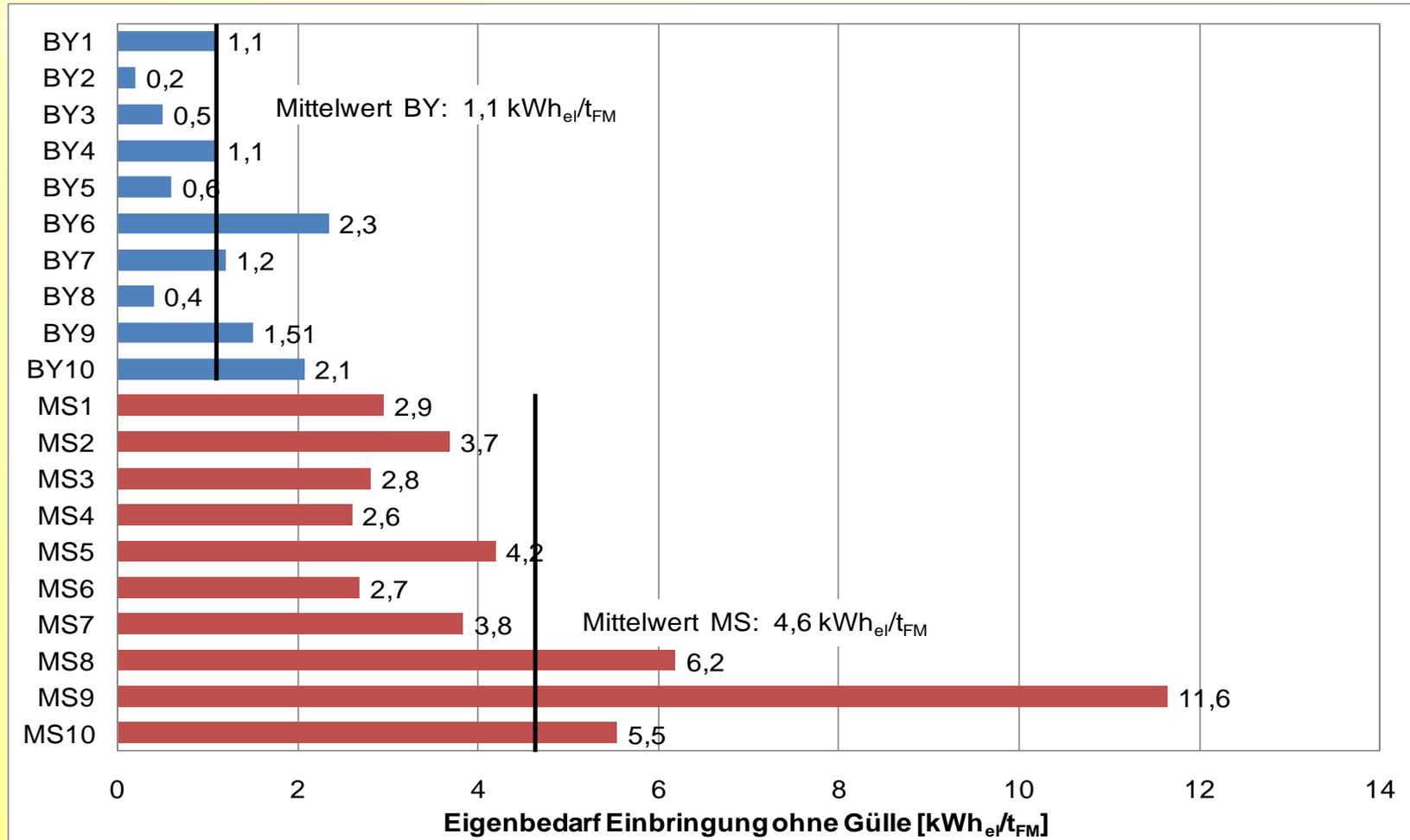
## Anlagenüberwachung



## Schwachstellenanalyse (4)



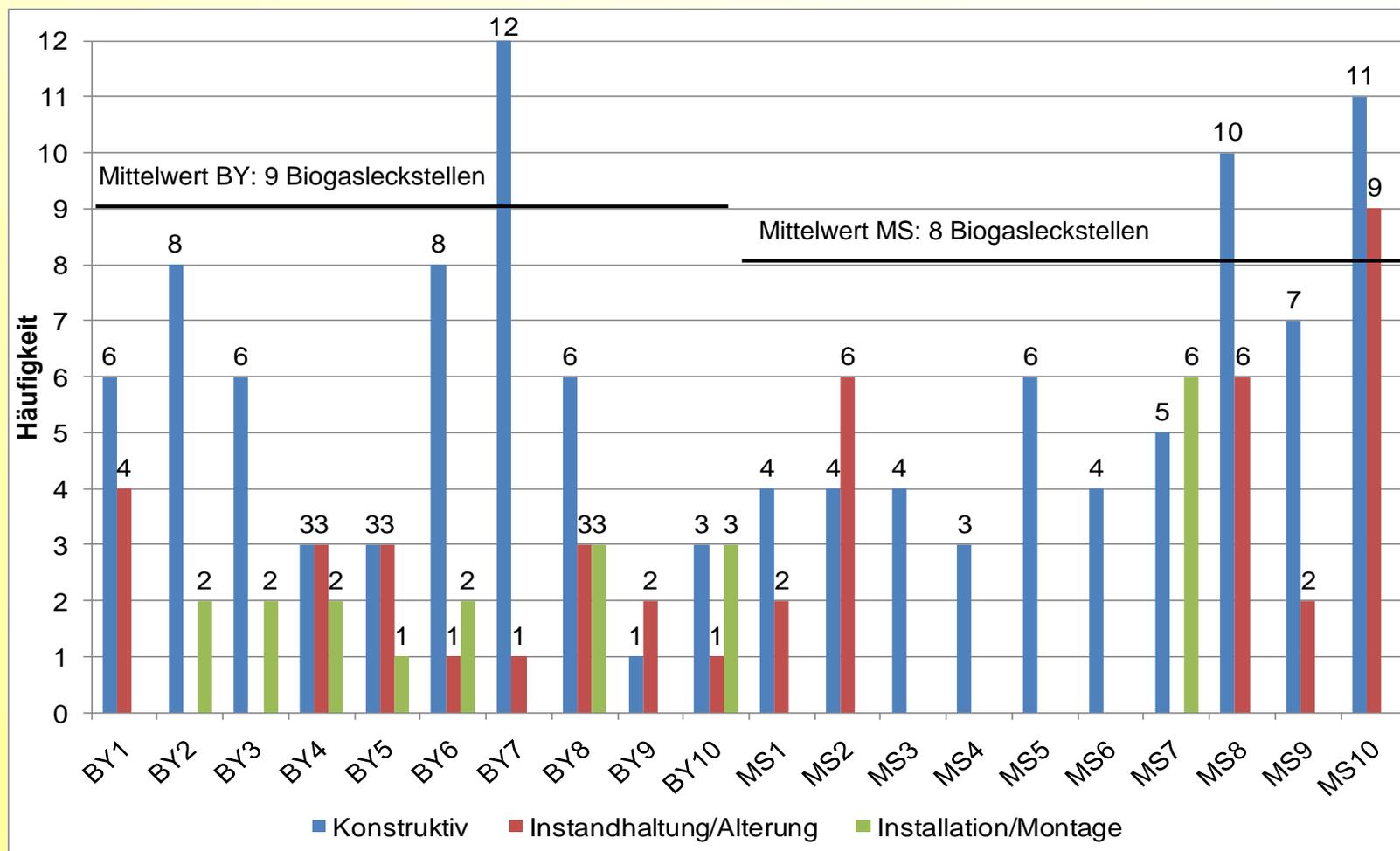
### Eigenenergieverbrauch – Feststoffeinträgung



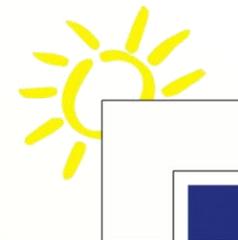
## Schwachstellenanalyse (5)



### Methanemissionen – Anzahl von Biogasleckstellen

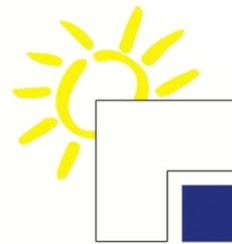


## Schwachstellenanalyse (6)



Untersuchte Bereiche	Ökonomisches Potenzial	Ökologisches Potenzial	Umsetzungspotenzial	Gesamtpunktzahl
<b>Substratbereitstellung</b>				
Transportentfernung der Anbauflächen	gering	gering	gering	3
Flächenausstattung	gering	gering	gering	3
Substratherkunft: Eigen- oder Zukauf	gering	gering	gering	3
<b>Lagerung der Substrate</b>				
Art der Silierung	mittel	mittel	gering	5
Substratlagervolumen	gering	gering	gering	3
<b>Einbringung der Substrate</b>				
Transportweg Substratlager - Einbringsystem	hoch	gering	mittel	6
Zeitaufwand Befüllung Einbringsystem	hoch	gering	mittel	6
<b>Biogasferzeugung</b>				
Fermentationsverfahren	hoch	gering	mittel	6
Substratzusammensetzung	gering	mittel	gering	4
Biologie	gering	gering	mittel	4
<b>Gasaufbereitung</b>				
Wirksamkeit Entschwefelung	mittel	gering	mittel	5
Wirksamkeit Entfeuchtung	mittel	gering	mittel	5

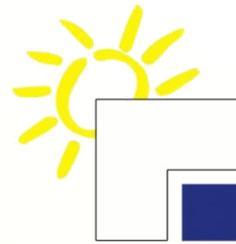
# Schwachstellenanalyse (7)



<b>Biogasnutzung</b>				
Blockheizkraftwerk	hoch	hoch	hoch	9
Wärmenutzung	hoch	hoch	hoch	9
<b>Anlagenüberwachung</b>				
Messtechnische Ausstattung	mittel	mittel	mittel	6
Anlagendokumentation	mittel	gering	mittel	5
BHKW-Auslastungsgrad	hoch	mittel	mittel	7
<b>Eigenenergie</b>				
Eigenenergieverbrauch gesamt	hoch	mittel	mittel	7
Feststoffeinbringung	hoch	gering	mittel	6
Rührtechnik	hoch	gering	mittel	6
Pumpentechnik	mittel	gering	mittel	5
Entschwefelung	hoch	gering	hoch	7
Entfeuchtung	hoch	gering	mittel	6
Strombezug	hoch	gering	mittel	6
Leistungsspitzen	mittel	gering	hoch	6
<b>Methanemissionen</b>				
Biogasleckstellen	mittel	hoch	hoch	8
Restgaspotenzial im Endlager	hoch	hoch	mittel	8



- ❖ **Projekthintergrund**
- ❖ **Vorgehensweise und exemplarische Ergebnisse**
- ❖ **Schwachstellenanalyse**
- ❖ **Handreichung**
- ❖ **Fazit**

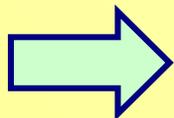


### ▶ Ziele der Handreichung

- ▶▶ praxisnahe Beispiele
- ▶▶ umsetzbare Lösungsansätze
- ▶▶ detaillierte Lösungsbeschreibungen

### ▶ Aufbau der Handreichung

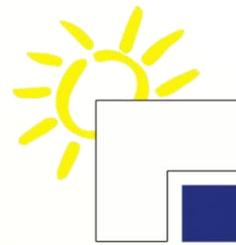
- ▶▶ 10 Verbesserungsmaßnahmen
- ▶▶ doppelseitige Darstellung je Maßnahme
- ▶▶ konkrete Zahlen (→ Reduzierung Emissionen, Kosten und Mehreinnahmen)



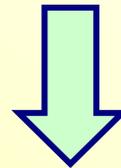
**Planer & Hersteller & Anlagenbetreiber**



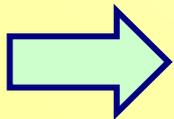
- ❖ **Projekthintergrund**
- ❖ **Vorgehensweise und exemplarische Ergebnisse**
- ❖ **Schwachstellenanalyse**
- ❖ **Handreichung**
- ❖ **Fazit**



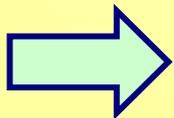
# Ökologische und ökonomische Optimierung von bestehenden und zukünftigen Biogasanlagen



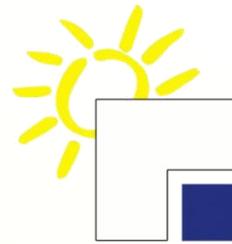
**S p a r e n**



**... dem Klima (Methan-)Emissionen ersparen**



**... dem Landwirt helfen, Kosten einzusparen**



▶ Antworten bietet die Handreichung



▶▶ einfache, kostengünstige und schnell umsetzbare  
Maßnahmen

▶▶ Kosten einsparen + Emissionen reduzieren

▶ Qualität des Planungsprozesses entscheidet  
über wirtschaftlichen Erfolg + Beitrag zum Klimaschutz

▶ Professionelle Bauausführung und Betriebsführung unabdingbar

[www.fh-muenster.de/egu/biogas](http://www.fh-muenster.de/egu/biogas)