

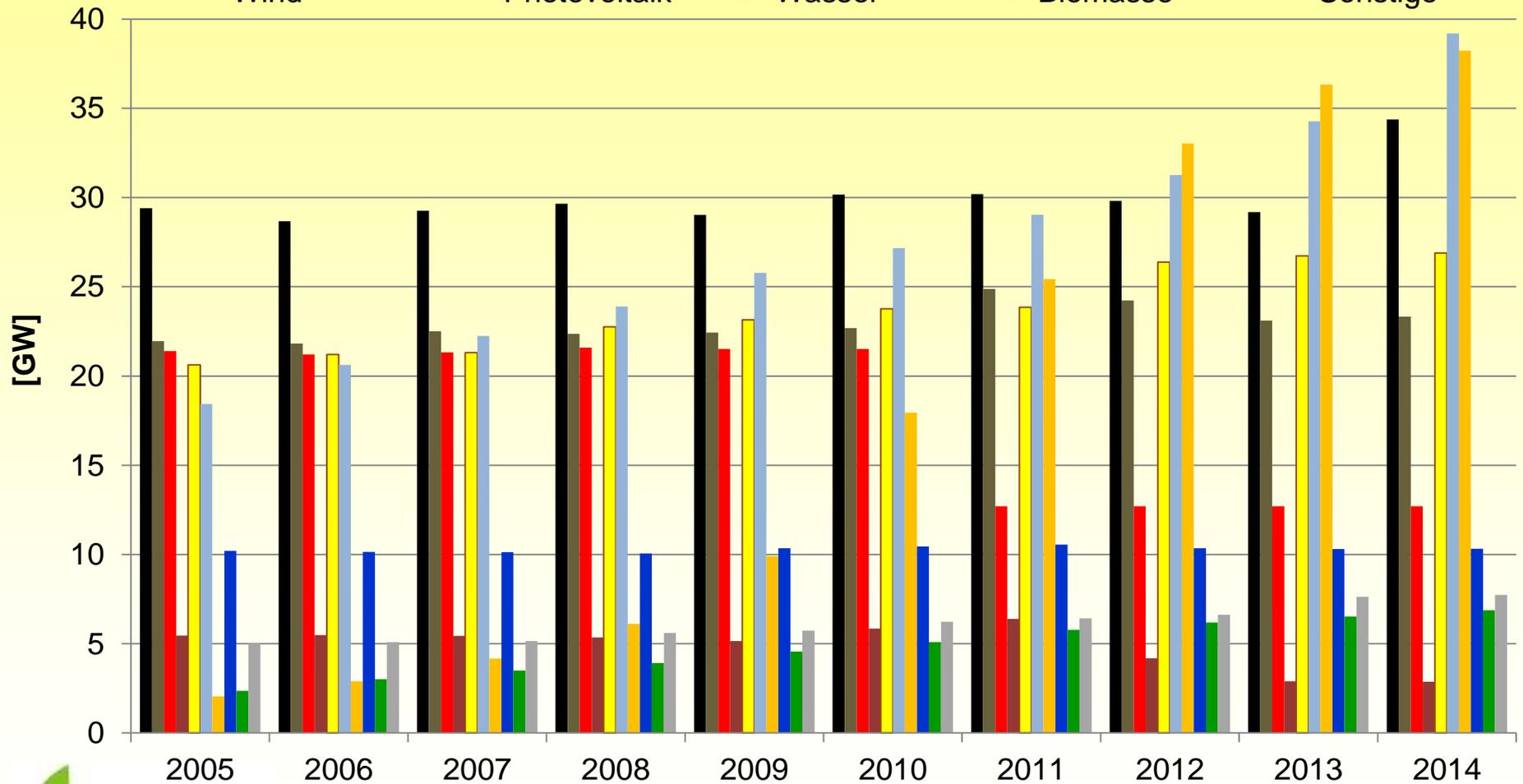
# Anpassungsstrategien für die Restlaufzeit von BGA Stromerzeugung, Substrate, Technik

Ulrich Keymer  
Institut für Betriebswirtschaft  
und Agrarstruktur



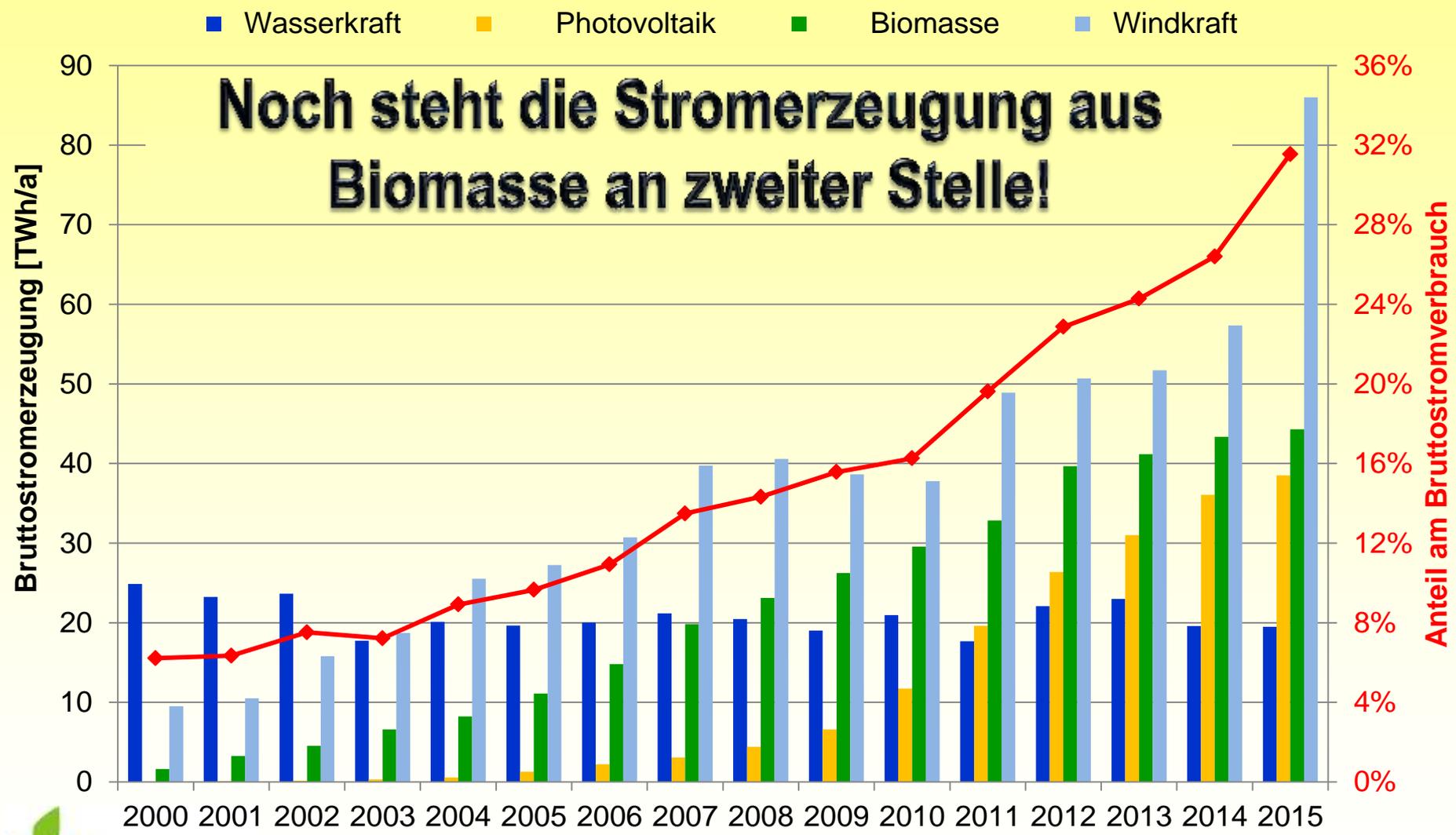
# Stromerzeugungskapazitäten

- Steinkohlen
- Braunkohlen
- Kernenergie
- Heizöl
- Gase
- Wind
- Photovoltaik
- Wasser
- Biomasse
- Sonstige





# Bedeutung der Stromerzeugung aus EE in Deutschland





# Stand der Biogaserzeugung in Niedersachsen



Quelle: Biogas in Niedersachsen - Inventur 2014; Hrsg.: 3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe e. V

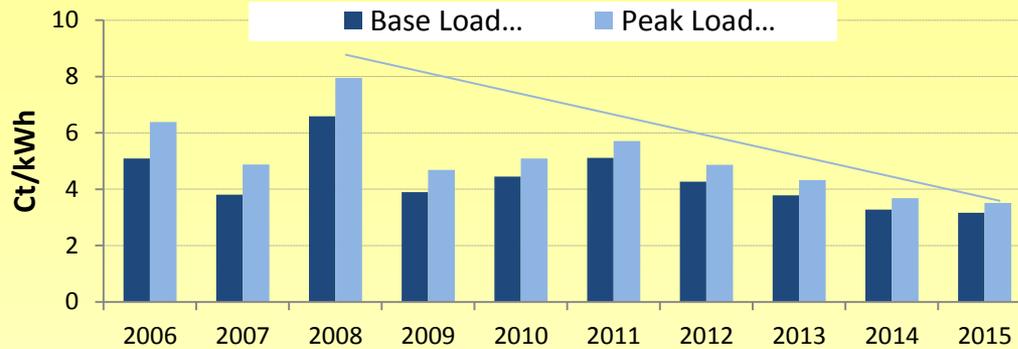
Die Politik hat durch Handeln und Unterlassen das Ende von Biogas eingeleitet.

- ➔ **Handeln:** Abschaffung der Vergütung für NawaRo
- ➔ **Unterlassen:** Verzicht auf Regelungen für die Jahre 21+
- ➔ **Ergebnis:** Biogas, die EE der Zukunft, ist Vergangenheit, sofern keine Revision innerhalb der nächsten 4 Jahre erkennbar wird.

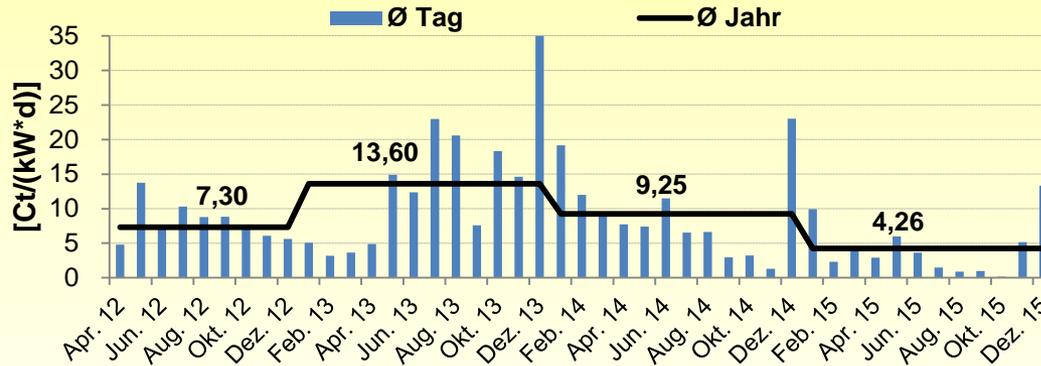


# Bedarfsorientierte Stromerzeugung – Rahmenbedingungen

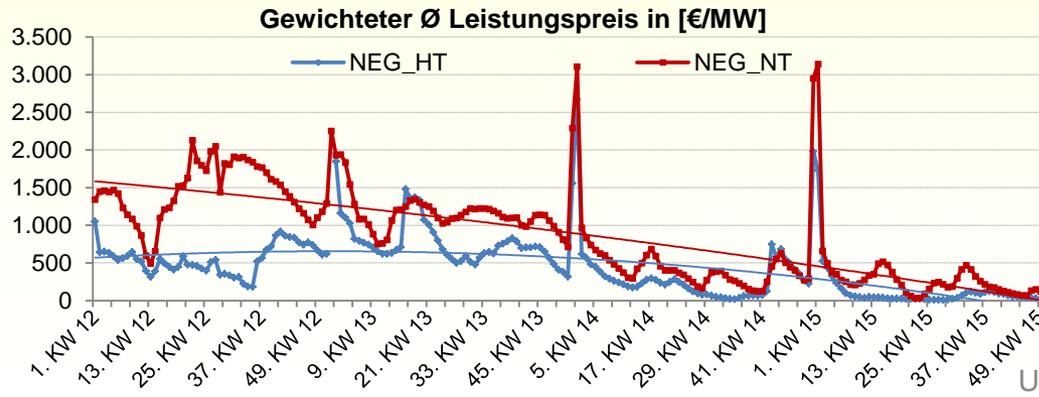
## EPEX-Spot



## Regelleistung (Neg. MRL)



## Regelleistung (Neg. SRL)





# Regelleistung - Kombinationsmöglichkeiten

Erlöspotentiale mit Ø Leistungspreisen 2015 berechnet

Anlage mit 500 kW<sub>el</sub> bietet **ganzjährig** an

Neg. MRL (HT): 475 kW<sub>el</sub> ≈ 3.000  
Neg. MRL (NT): 475 kW<sub>el</sub> ≈ 4.400 } ≈ 7.400 €/a

**oder**

Neg. SRL (HT): 250 kW<sub>el</sub> ≈ 1.300  
Neg. SRL (NT): 250 kW<sub>el</sub> ≈ 3.600 } ≈ 4.900 €/a



# Regelleistung - Kombinationsmöglichkeiten

Erlöspotentiale mit  $\emptyset$  Leistungspreisen 2015 berechnet

Anlage mit 500 kW<sub>el</sub> bietet **ganzjährig** an

Neg. MRL (HT): 475 kW<sub>el</sub>  $\approx$  3.000  
Neg. MRL (NT): 475 kW<sub>el</sub>  $\approx$  4.400 }  $\approx$  7.400 €/a

**oder**

Neg. SRL (HT): 475 kW<sub>el</sub>  $\approx$  2.400  
Neg. SRL (NT): 475 kW<sub>el</sub>  $\approx$  6.900 }  $\approx$  9.300 €/a

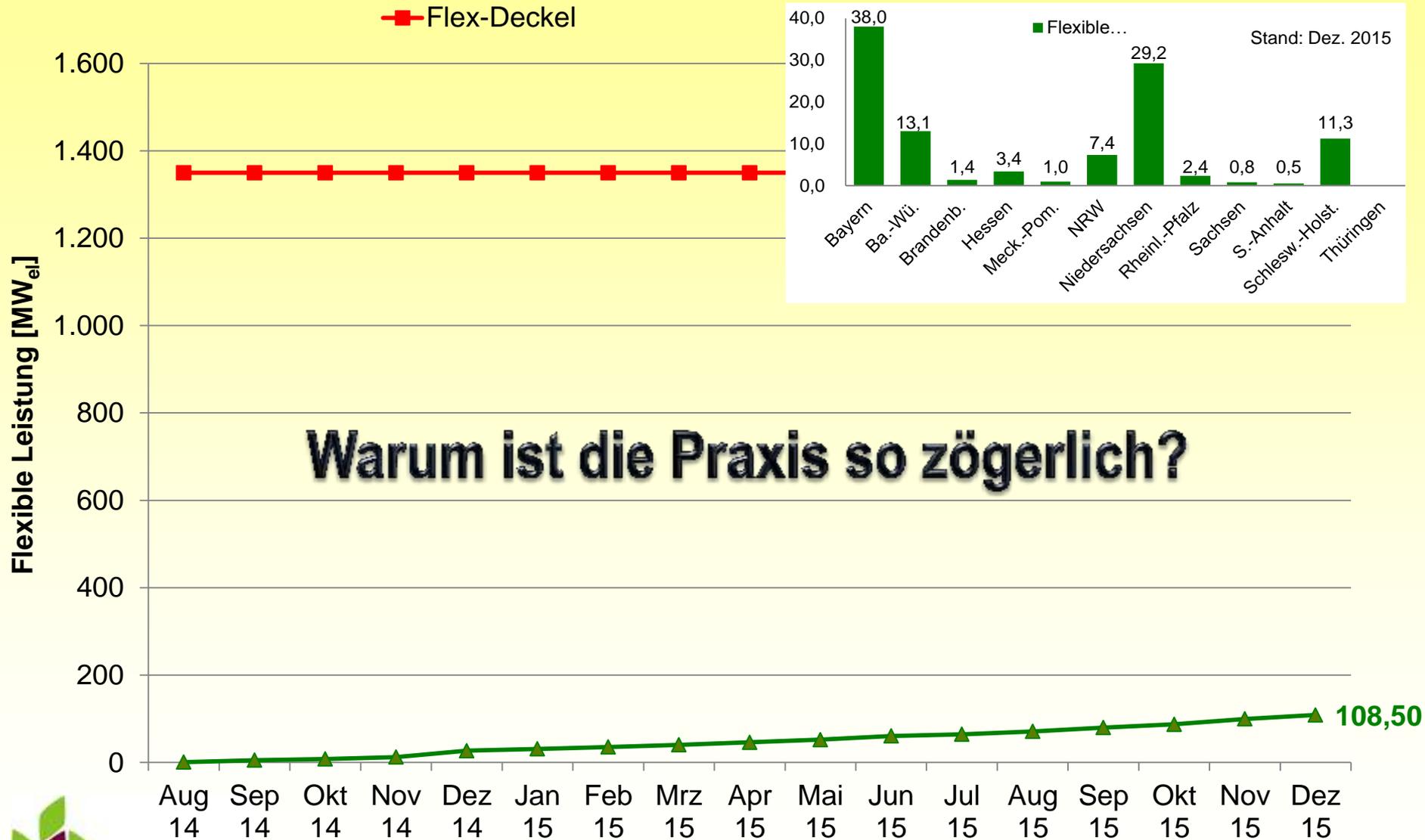
**oder**

PRL: 50 kW<sub>el</sub>  $\approx$  9.500  
Neg. SRL (HT): 200 kW<sub>el</sub>  $\approx$  1.000  
Neg. SRL (NT): 200 kW<sub>el</sub>  $\approx$  2.900 }  $\approx$  13.400 €/a

abzüglich  
Anteil für den  
Stromvermarkter



# Nutzung der Flexibilitätsprämie



## Warum ist die Praxis so zögerlich?



# Flexibilisierung durch Absenkung der $P_{Bem}$

Installierte Leistung	$kW_{el}$	800	800
Vollbenutzungsstunden	Vbh	8.322	5.840
Nutzungsgrad	%	39	38,6
Stromerzeugung/-einspeisung	$kWh_{el}$	6.657.600	4.672.000
Bemessungsleistung	kW	760	533
Substratbedarf	t/a	16.104	11.407
Substratkosteneinsparung (45 €/t <sub>FM</sub> )	€/a	211.372	
Einsparung Instandhaltung (?)	€/a	8.757	
Kosten Flexibilisierung (A=20.000 €)	€/a	-3.000	
Flexprämie	€/a	27.733	
Mehrerlöse (am Spotmarkt: 0,3 Ct/kWh)	€/a	9.110	
<b>Saldo</b>	<b>€/a</b>	<b>253.973</b>	
Verringerung der Stromeinspeisung	$kWh_{el}$	1.985.600	
Wert des <b>nicht</b> eingespeisten Stroms	Ct/ $kWh_{el}$	12,79	
Vergütung > 500 $kW_{el}$ BEM*)	Ct/ $kWh_{el}$	12,25	

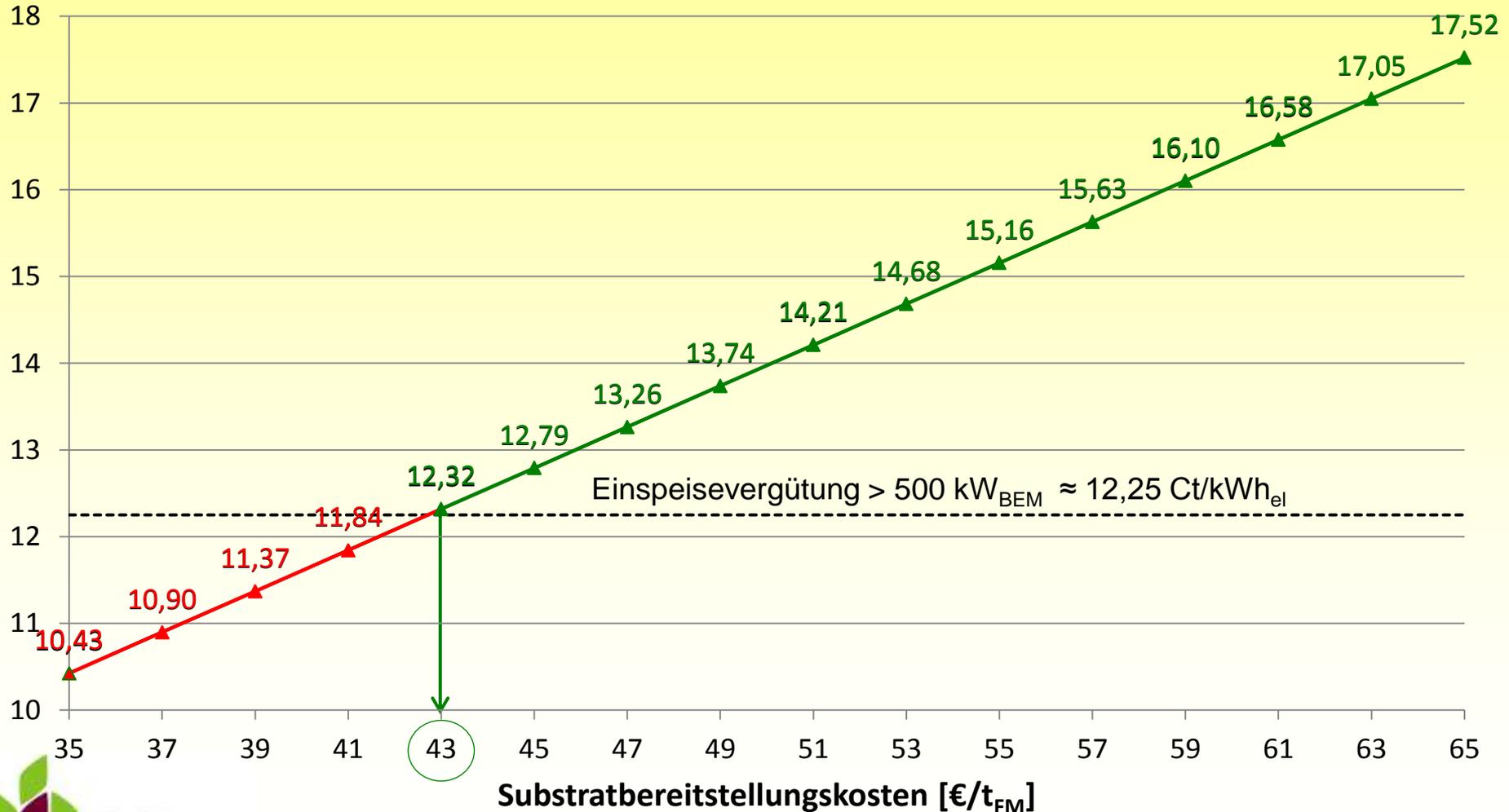
 Betrieb 16 h/d  
8:00 bis 24:00  
  $\eta_{el}$  30% für ½ h  
 Ziel: ASUE + 25%  
 Vermarkteranteil  
bereits abgezogen



# Wert des nicht eingespeisten Stroms

- bei unterschiedlichen Substratbereitstellungskosten -

Ct/kWh<sub>el</sub>

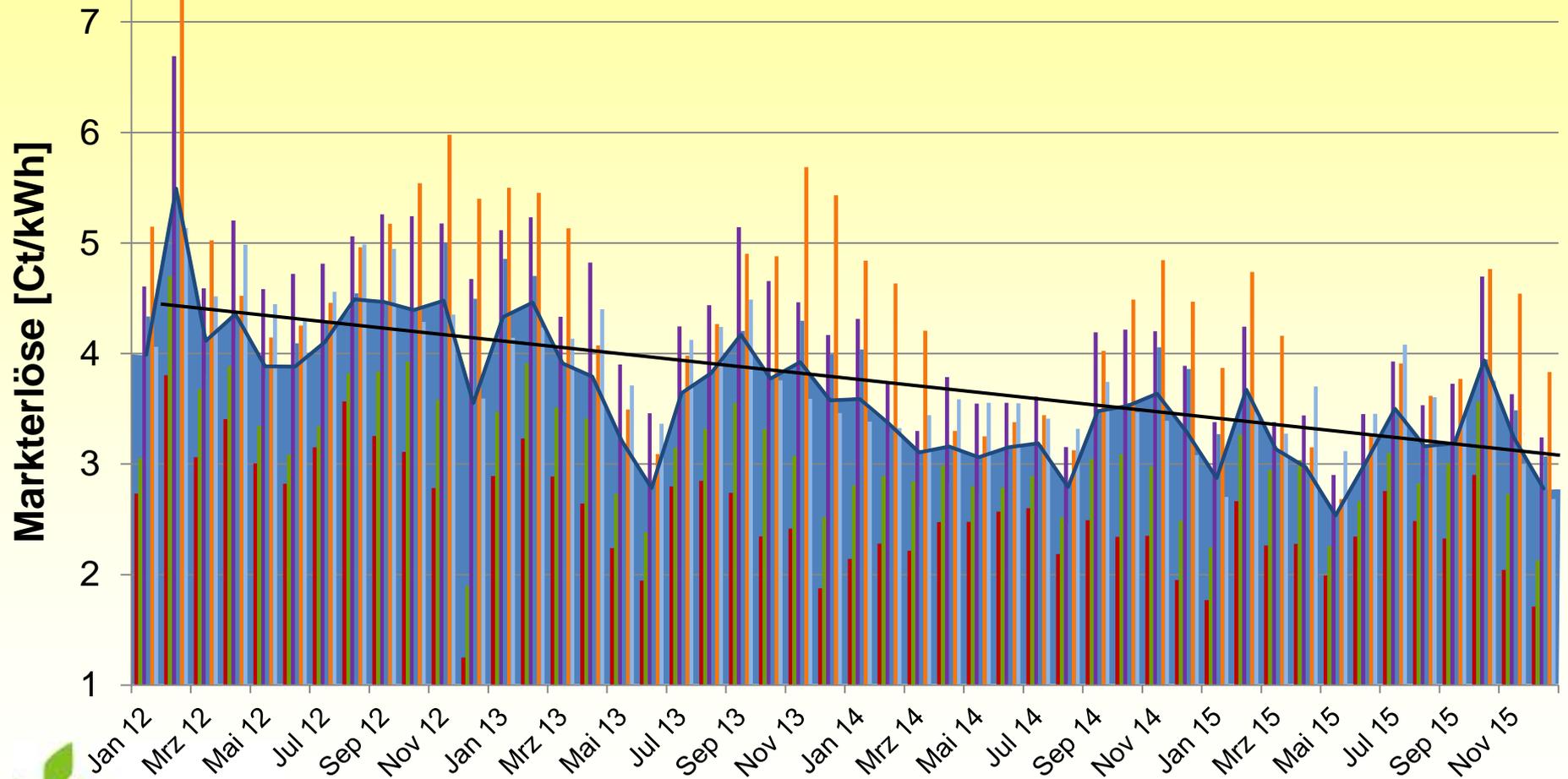


Einspeisevergütung > 500 kW<sub>BEM</sub> ≈ 12,25 Ct/kWh<sub>el</sub>



# Monatsmittelwerte Auktionshandel EPEX

- Middle-Night (00 - 04)
- Early Morning (04 - 08)
- Late Morning (08 - 12)
- Early Afternoon (12 - 16)
- Rush Hour (16 - 20)
- Off-Peak (20 - 24)
- 24 h (00 - 24)





# Flexprämie - Leistungserhöhung

Prämisse: Das vorhandene BHKW muss ersetzt werden

IST		
Installierte Leistung	kW <sub>el</sub>	500
Stromerzeugung	kWh/a	4.161.000
Vollbenutzungsstunden	Vbh	8.322
Jahresstunden	h	8.760
Auslastung	%	95
Nutzungsdauer	Vbh	80.000
Nutzungsgrad	%	38
Methangehalt Biogas	%	53
Gaserzeugung	Nm <sup>3</sup> /h	237
Gasverbrauch	Nm <sup>3</sup> /h	237
vorhandener Gasspeicher	m <sup>3</sup>	750
Managementprämie <sup>*)</sup>	Ct/kWh <sub>el</sub>	0,20
<b>Anteil Vermarkter</b>		
Mehrerlöse EPEX aus Fahrpl.	%	35
Vermarktung MRL	%	30

ZIEL		
Fahrweise	Uhrzeit	Stunden
Zeitfenster (1) von	8	4
Zeitfenster (1) bis	12	
Zeitfenster (2) von	16	8
Zeitfenster (2) bis	24	
<b>Summe</b>		<b>12</b>

Volllastbetrieb	<b>12</b>	h/d
notw. Leistung bei 12 Vbh/d	<b>950</b>	kW <sub>el</sub>
geplante Auslastung	<b>100</b>	%
installierte Leistung	<b>950</b>	kW <sub>el</sub>
Nutzungsgrad	<b>40</b>	%

Notwendiges Gasspeichervolumen	2.517	m <sup>3</sup>
<b>Zubau Gasspeicher</b>	<b>1.767</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
Biogasbedarf verringert sich um	54.926	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>
<b>Substratkosten-Einsparung</b>	<b>23.318</b>	<b>€/a</b>

<sup>\*)</sup> In Berechnung nicht berücksichtigt



# Bedarfsorientierte Stromerzeugung (1)

Prämisse: Das vorhandene BHKW muss ersetzt werden

Ziel		
Stromerzeugung	kWh <sub>el</sub> /a	4.161.000
Leitungs- und Transformationsverluste	kWh <sub>el</sub> /a	-41.610
<b>Vergütungsfähiger Strom</b>	kWh <sub>el</sub> /a	<b>4.119.390</b>
<b>Zusätzliche Anschaffungskosten</b>		<b>428.827</b>
Zusatzerlöse aus Flexprämie	€/a	55.575
Substratkosten-Einsparung	€/a	23.318
Zusätzliche Festkosten	€/a	-53.894
Zusätzliche Betriebskosten	€/a	-10.523
<b>Saldo</b>		<b>14.475</b>
Mögliche Mehrerlöse		
EPEX SPOT Auktionenhandel <sup>*)</sup>	€/a	19.160
Vermarktung von negativer MRL <sup>*)</sup>	€/a	11.207
Abz. Vermarkteranteile	€/a	-10.068
<b>Saldo</b>		<b>20.299</b>
<b>Gesamtsaldo</b>	€/a	<b>34.774</b>
<b>Gesamtkapitalrendite</b>		<b>20,22%</b>

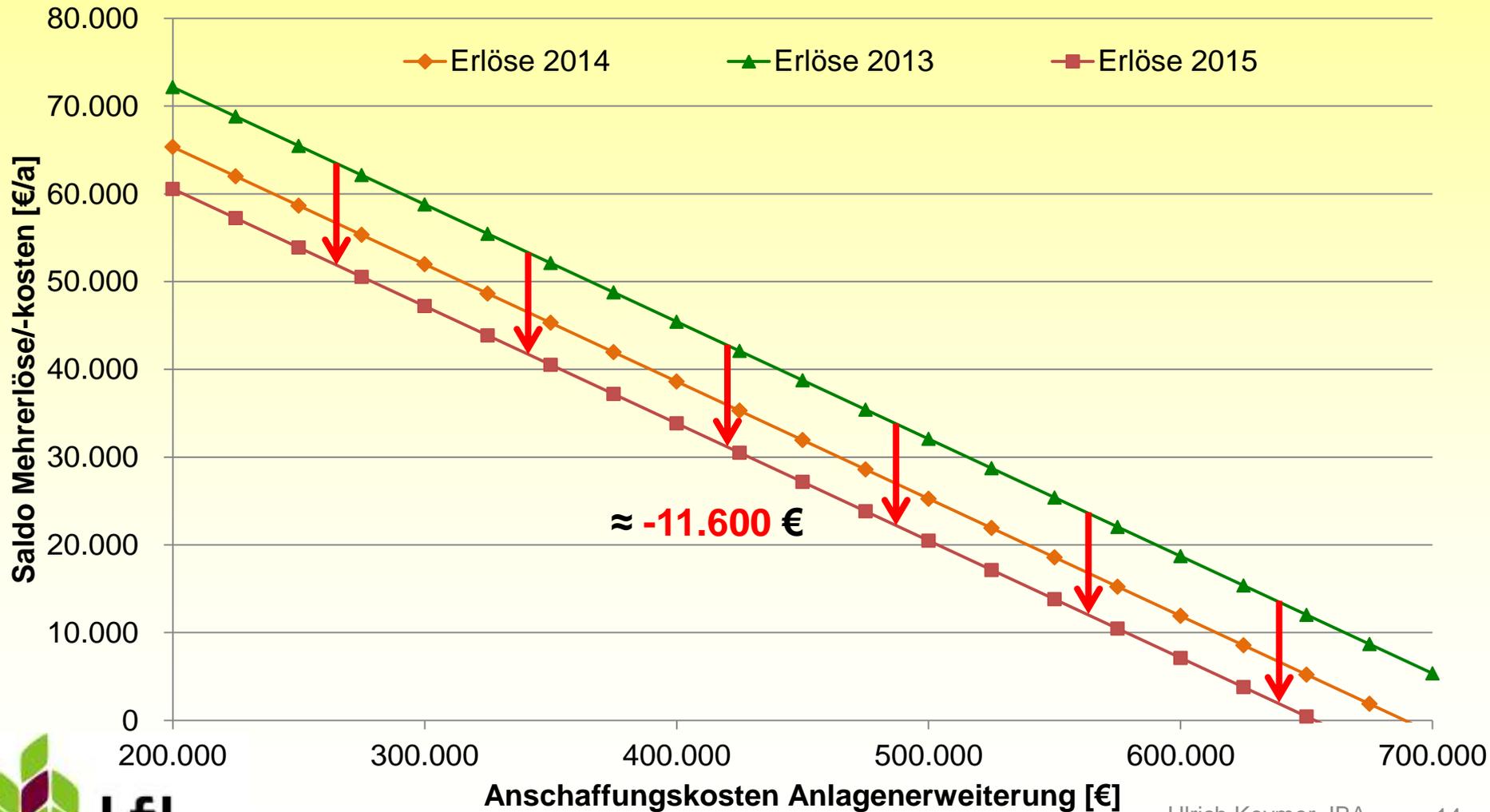
<sup>\*)</sup> Marktdaten 2014



# Bedarfsorientierte Stromerzeugung (1)

Prämisse: Das vorhandene BHKW (500 kW<sub>el</sub>) muss ersetzt werden

Ziel: Intervallbetrieb mit festen Zeiten (12 Vbh/d)

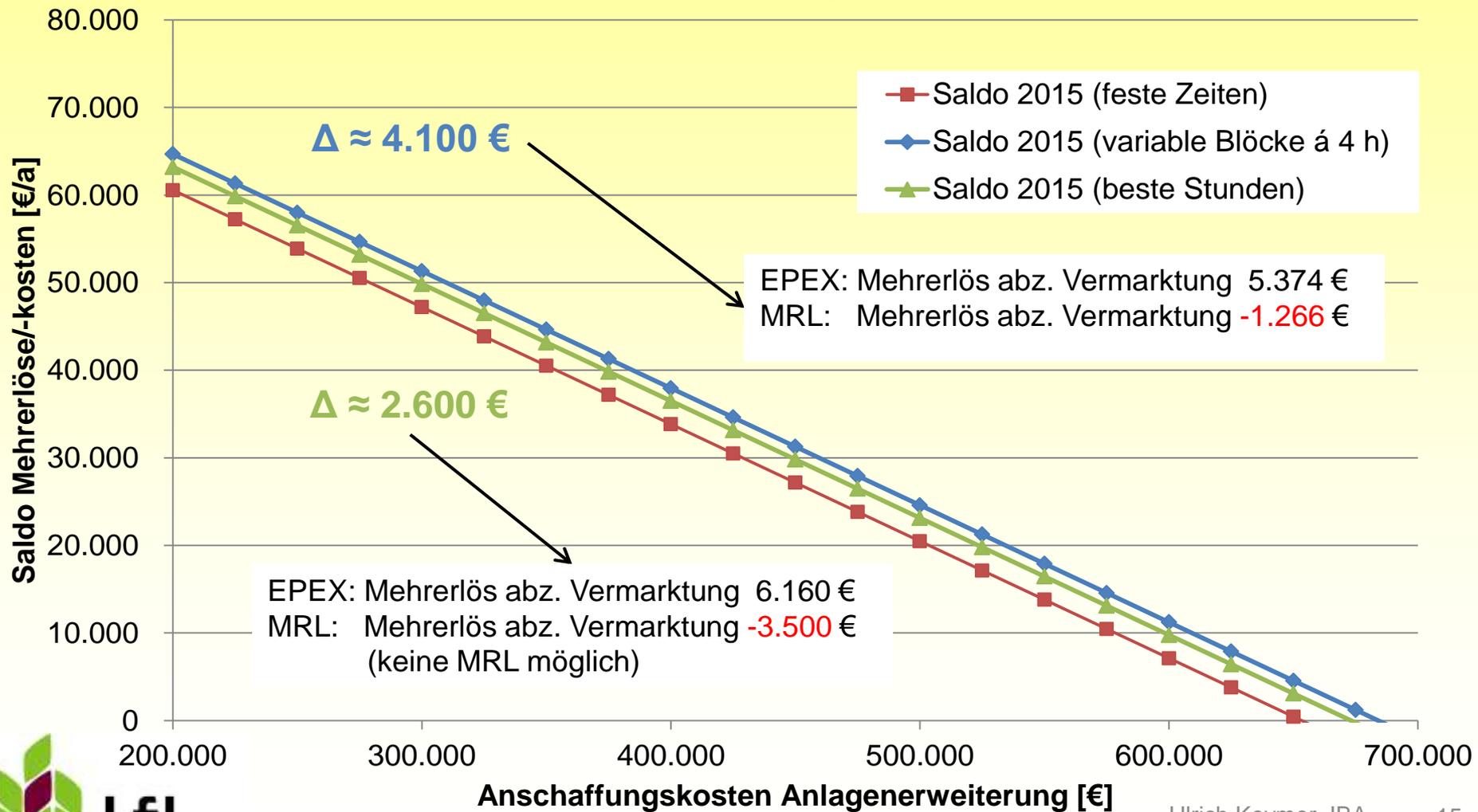




# Bedarfsorientierte Stromerzeugung (1)

Prämisse: Das vorhandene BHKW (500 kW<sub>el</sub>) muss ersetzt werden

Ziel: Bedarfsorientierung (12 Vbh/d)





# Bedarfsorientierte Stromerzeugung (2)

Vorhandenes BHKW wird weiter genutzt

IST		
Installierte Leistung	kW <sub>el</sub>	500
Stromerzeugung	kWh/a	4.161.000
Vollbenutzungsstunden	Vbh	8.322
Jahresstunden	H	8.760
Auslastung	%	95
Nutzungsdauer	Vbh	80.000
Nutzungsgrad	%	38
Methangehalt Biogas	%	53
Gaserzeugung	Nm <sup>3</sup> /h	237
Gasverbrauch	Nm <sup>3</sup> /h	237
vorhandener Gasspeicher	m <sup>3</sup>	750
Managementprämie <sup>*)</sup>	Ct/kWh <sub>el</sub>	0,20
<b>Anteil Vermarkter</b>		
Mehrerlöse EPEX aus Fahrpl.	%	35
Vermarktung MRL	%	30

<sup>\*)</sup> In Berechnung nicht berücksichtigt

ZIEL				
Fahrweise	BHKW(1)		BHKW(2)	
	Uhrzeit	Stunden	Uhrzeit	Stunden
Zeitfenster (1) von	8	4	8	4
Zeitfenster (1) bis	12		12	
Zeitfenster (2) von	16	8	16	8
Zeitfenster (2) bis	24		24	
<b>Summe</b>		<b>12</b>		<b>12</b>

Vollastbetrieb	12	12	h/d
notw. Leistung	475	475	kW <sub>el</sub>
geplante Auslastung	95	96	%
installierte Leistung	500	495	kW <sub>el</sub>
Nutzungsgrad	38	39	%

Notw. Gasspeichervolumen	2.616	m <sup>3</sup>
<b>Zubau Gasspeicher</b>	<b>1.866</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
Biogasbedarf sinkt um	14.084	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>
<b>Substratkosten-Einsp.</b>	<b>5.979</b>	<b>€/a</b>



# Bedarfsorientierte Stromerzeugung (2)

Vorhandenes BHKW wird weiter genutzt

Ziel		
Stromerzeugung	kWh <sub>el</sub> /a	4.161.000
Leitungs- und Transformationsverluste	kWh <sub>el</sub> /a	-41.610
<b>Vergütungsfähiger Strom</b>	kWh <sub>el</sub> /a	<b>4.119.390</b>
<b>Zusätzliche Anschaffungskosten</b>		<b>580.767</b>
Zusatzerlöse aus Flexprämie	€/a	61.398
Substratkosten-Einsparung	€/a	5.979
Zusätzliche Festkosten	€/a	-73.033
Zusätzliche Betriebskosten	€/a	-23.958
<b>Saldo</b>		<b>-29.614</b>
Mögliche Mehrerlöse		
EPEX SPOT Auktionshandel <sup>*)</sup>	€/a	18.482
Vermarktung von negativer MRL <sup>*)</sup>	€/a	5.017
Abz. Vermarkteranteile	€/a	-7.974
<b>Saldo</b>		<b>15.526</b>
<b>Gesamtsaldo</b>	€/a	<b>-14.088</b>
<b>Gesamtkapitalrendite</b>		<b>-0,85%</b>

<sup>\*)</sup> Marktdaten 2015



# Bedarfsorientierte Stromerzeugung (3)

## Vorweggenommene Ersatzbeschaffung Vorhandenes BHKW bleibt „betriebsbereit“ stehen

IST		
Installierte Leistung	kW <sub>el</sub>	500
Stromerzeugung	kWh/a	4.161.000
Vollbenutzungsstunden	Vbh	8.322
Jahresstunden	h	8.760
Auslastung	%	95
Nutzungsdauer	Vbh	80.000
Nutzungsgrad	%	38
Methangehalt Biogas	%	53
Gaserzeugung	Nm <sup>3</sup> /h	237
Gasverbrauch	Nm <sup>3</sup> /h	237
vorhandener Gasspeicher	m <sup>3</sup>	750
Managementprämie <sup>*)</sup>	Ct/kWh <sub>el</sub>	0,20
<b>Anteil Vermarkter</b>		
Mehrerlöse EPEX aus Fahrpl.	%	35
Vermarktung MRL	%	30

<sup>\*)</sup> In Berechnung nicht berücksichtigt

ZIEL				
Fahrweise	BHKW(1)		BHKW(2)	
	Uhrzeit	Stunden	Uhrzeit	Stunden
Zeitfenster (1) von	--	0	8	4
Zeitfenster (1) bis	--		12	
Zeitfenster (2) von	--	0	16	8
Zeitfenster (2) bis	--		24	
<b>Summe</b>		<b>0</b>		<b>12</b>

Vollastbetrieb	0	12	h/d
notw. Leistung	0	950	kW <sub>el</sub>
geplante Auslastung	0	99	%
installierte Leistung	500	960	kW <sub>el</sub>
Nutzungsgrad	38	40	%

Notw. Gasspeichervolumen	2.517	m <sup>3</sup>
<b>Zubau Gasspeicher</b>	<b>1.767</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
Biogasbedarf sinkt um	54.926	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>
<b>Substratkosten-Einsp.</b>	<b>23.318</b>	<b>€/a</b>



# Bedarfsorientierte Stromerzeugung (3)

Vorweggenommene Ersatzbeschaffung  
Vorhandenes BHKW bleibt „betriebsbereit“ stehen

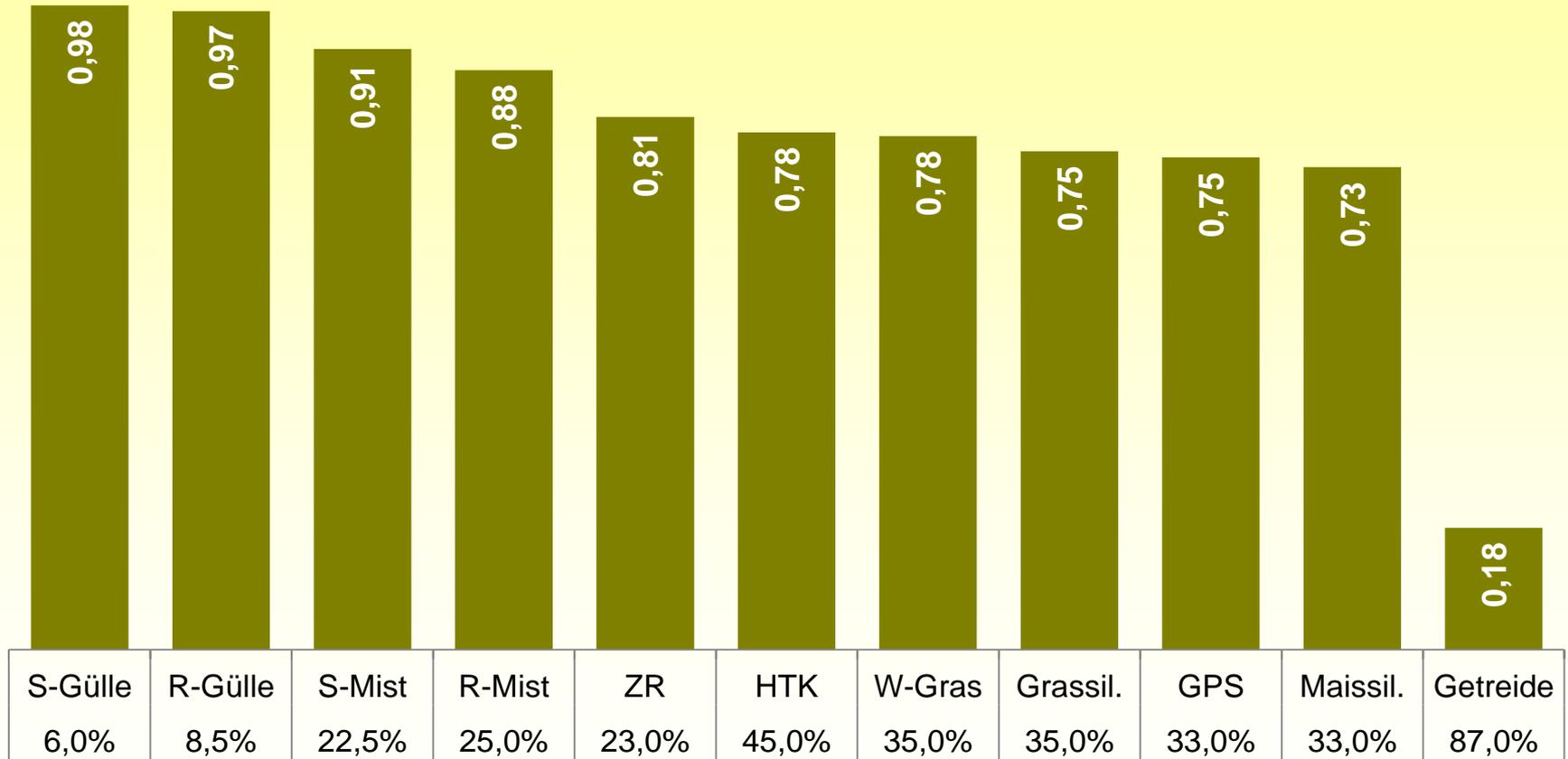
Ziel		
Stromerzeugung	kWh <sub>el</sub> /a	4.161.000
Leitungs- und Transformationsverluste	kWh <sub>el</sub> /a	-41.610
<b>Vergütungsfähiger Strom</b>	kWh <sub>el</sub> /a	<b>4.119.390</b>
Zusätzliche Anschaffungskosten		<b>538.065</b>
Zusatzerlöse aus Flexprämie	€/a	94.874
Substratkosten-Einsparung	€/a	23.318
Zusätzliche Festkosten	€/a	-67.602
Zusätzliche Betriebskosten	€/a	-12.498
<b>Saldo</b>		<b>38.092</b>
Mögliche Mehrerlöse		
EPEX SPOT Auktionshandel <sup>*)</sup>	€/a	18.482
Vermarktung von negativer MRL <sup>*)</sup>	€/a	5.017
Abz. Vermarkteranteile	€/a	-7.974
<b>Saldo</b>		<b>15.526</b>
<b>Gesamtsaldo</b>	€/a	<b>53.617</b>
<b>Gesamtkapitalrendite</b>		<b>23,93%</b>

<sup>\*)</sup> Marktdaten 2015



# Längere Lagerdauer für Gärrestmasse

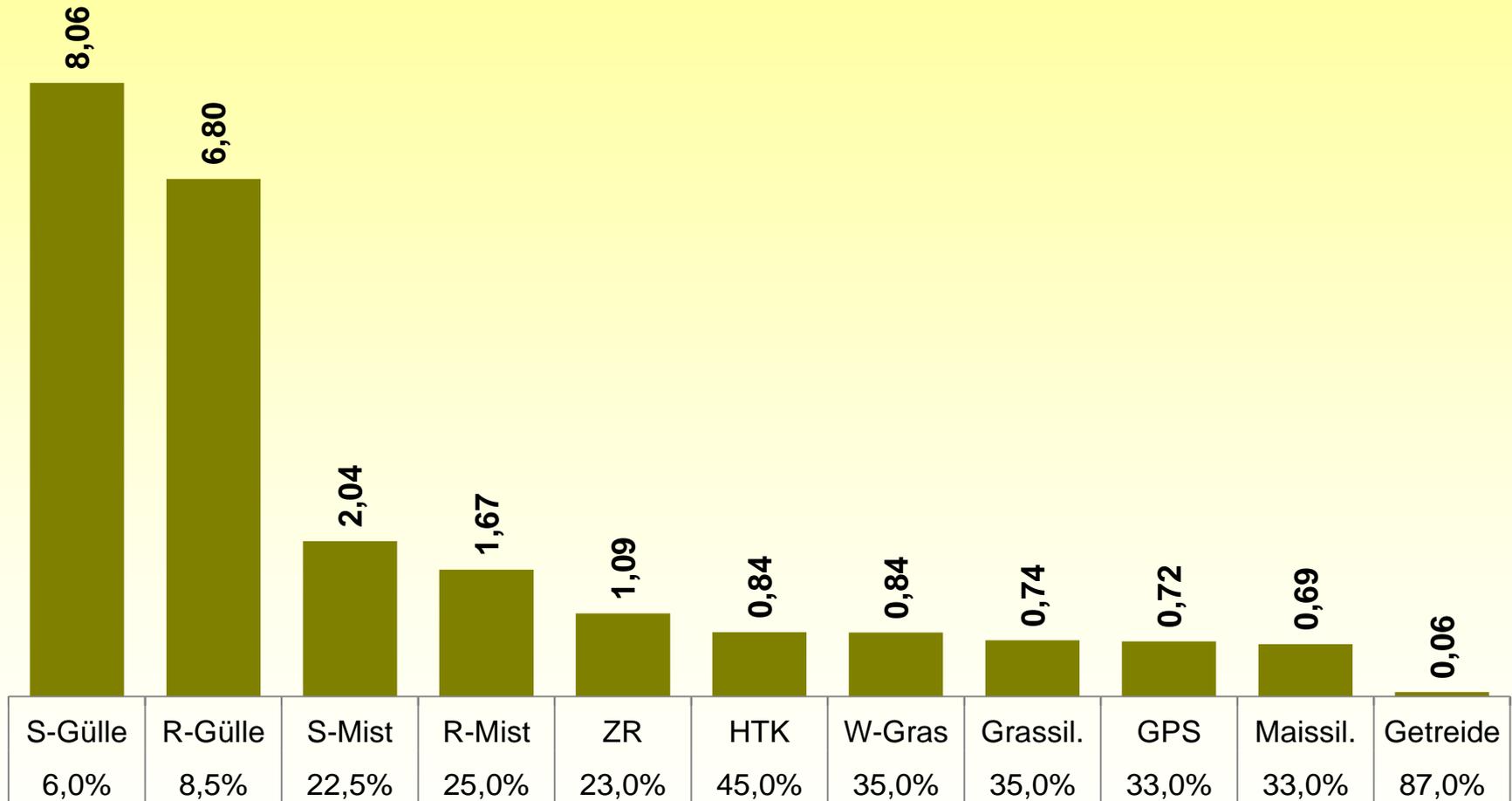
Gärrestanfall in Tonnen pro Tonne Substrat





# Längere Lagerdauer für Gärrestmasse

Gärrestanfall in Tonnen pro 100 Nm<sup>3</sup> Methan



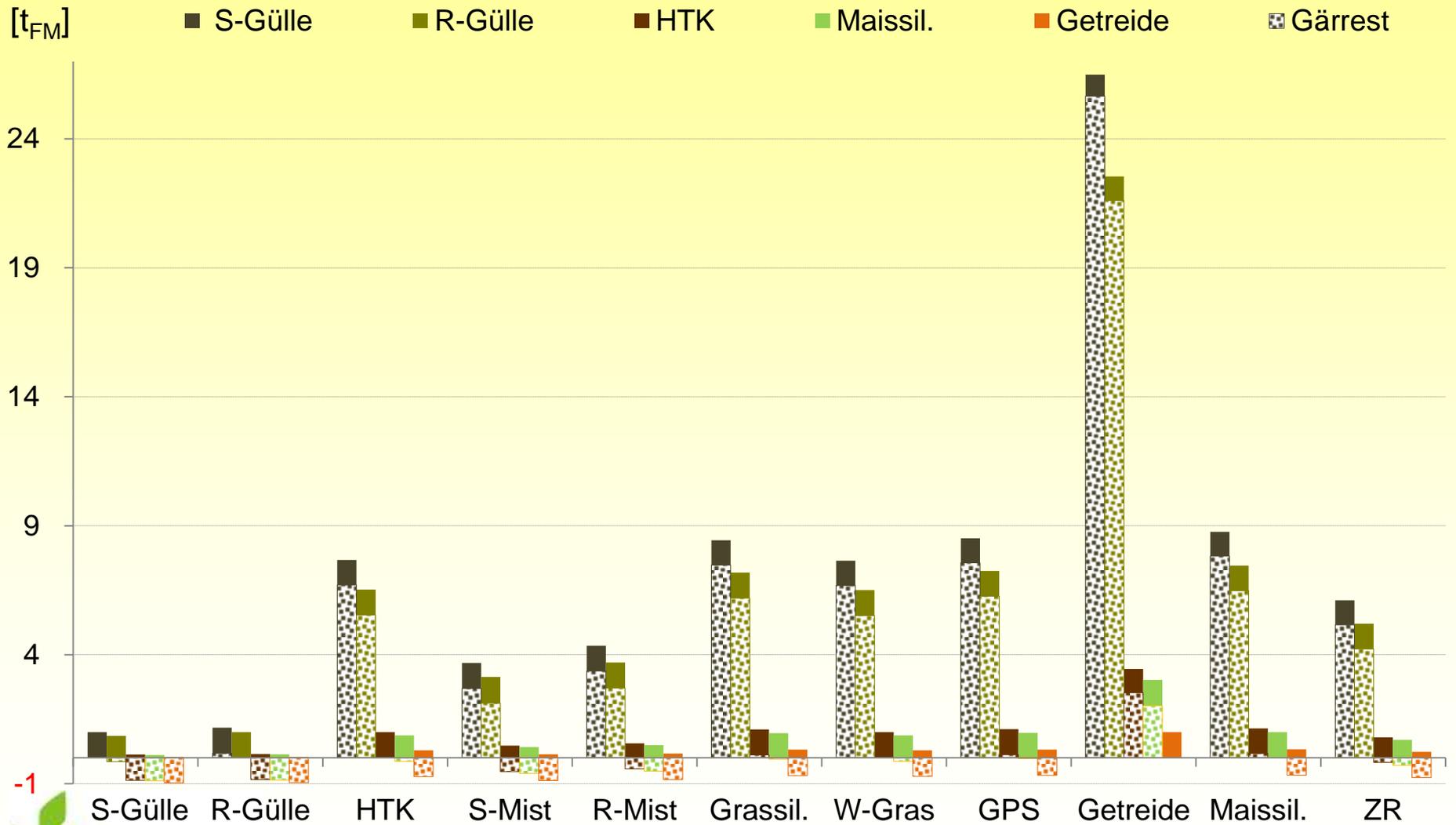


# Substitution von Substraten und Gärrestmasse

1 t Substrat	Substrat		R-Gülle		HTK		Grassilage		Maissilage		ZR	
	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t <sub>FM</sub>	t <sub>Gärrest</sub> /t <sub>Substrat</sub>	t <sub>FM</sub>	m <sup>3</sup> /t <sub>FM</sub>								
S-Gülle	12,10	0,98	0,85	-0,15	0,13	-0,87	0,12	-0,89	0,11	-0,89	0,16	-0,84
R-Gülle	14,2	0,97	1,00	0,00	0,15	-0,85	0,14	-0,86	0,13	-0,87	0,19	-0,81
HTK	92,8	0,78	6,53	5,53	1,00	0,00	0,91	-0,10	0,88	-0,14	1,26	0,23
S-Mist	44,6	0,91	3,13	2,12	0,48	-0,53	0,44	-0,58	0,42	-0,60	0,60	-0,42
R-Mist	52,6	0,88	3,70	2,70	0,57	-0,43	0,52	-0,49	0,50	-0,51	0,71	-0,30
Grassilage	102,1	0,75	7,18	6,19	1,10	0,11	1,00	0,00	0,96	-0,05	1,38	0,36
W-Gras	92,5	0,78	6,51	5,52	1,00	0,00	0,91	-0,09	0,87	-0,14	1,25	0,23
GPS	103,0	0,75	7,25	6,26	1,11	0,12	1,01	0,02	0,97	-0,04	1,39	0,38
Getreide	320,3	0,18	22,54	21,61	3,45	2,52	3,14	2,18	3,02	2,02	4,33	3,31
Maissilage	106,0	0,73	7,46	6,48	1,14	0,16	1,04	0,05	1,00	0,00	1,43	0,43
ZR	73,9	0,81	5,20	4,22	0,80	-0,18	0,72	-0,26	0,70	-0,30	1,00	0,00



# Substitution von Substraten und Gärrestmasse





# Substitution von Substraten und Gärrestmasse

1 t Substrat	S-Gülle		S-Mist		R-Mist		W-Grassil.		GPS		Getreide		Maissilage		ZR	
	t <sub>FM</sub>	m <sup>3</sup> /t <sub>FM</sub>														
S-Gülle	0,85	-0,15	0,27	-0,73	0,23	-0,77	0,13	-0,87	0,12	-0,89	0,04	-0,97	0,11	-0,89	0,16	-0,84
R-Gülle	1,00	0,00	0,32	-0,68	0,27	-0,73	0,15	-0,85	0,14	-0,86	0,04	-0,96	0,13	-0,87	0,19	-0,81
HTK	6,53	5,53	2,08	1,11	1,76	0,76	1,00	-0,00	0,90	-0,11	0,29	-0,73	0,88	-0,14	1,26	0,23
S-Mist	3,13	2,12	1,00	0,00	0,85	-0,17	0,48	-0,53	0,43	-0,59	0,14	-0,88	0,42	-0,60	0,60	-0,42
R-Mist	3,70	2,70	1,18	0,20	1,00	0,00	0,57	-0,44	0,51	-0,50	0,16	-0,85	0,50	-0,51	0,71	-0,30
Grassil.	7,18	6,19	2,29	1,33	1,94	0,95	1,10	0,10	0,99	-0,02	0,32	-0,70	0,96	-0,05	1,38	0,36
W-Gras	6,51	5,52	2,08	1,11	1,76	1,11	1,00	0,00	0,90	-0,11	0,29	-0,72	0,87	-0,14	1,25	0,23
GPS	7,25	6,26	2,31	1,36	1,96	1,36	1,11	0,12	1,00	0,00	0,32	-0,69	0,97	-0,04	1,39	0,38
Getreide	22,54	21,61	7,19	6,35	6,09	6,35	3,46	2,51	3,11	2,13	1,00	0,00	3,02	2,02	4,33	3,31
Maissil.	7,46	6,48	2,38	1,43	2,01	1,43	1,15	0,16	1,03	0,04	0,33	-0,67	1,00	0,00	1,43	0,43
ZR	5,20	4,22	1,66	0,70	1,41	0,70	0,80	-0,19	0,72	-0,27	0,23	-0,76	0,70	-0,30	1,00	0,00



# Längere Lagerdauer für Gärreste

Beispielsanlage 500 kW<sub>el</sub> mit 8322 Vbh  
Gärrestlagerdauer 210 Tage

Substrate	Frei Eintrag	TM		210 Tage	270 Tage
Rindergülle	4,0 €/t	8,5%	t/Jahr	6.600	5.133
HTK	20,0 €/t	40,0%	t/Jahr	2.000	1.556
Futterreste	0 €/t	34,0%	t/Jahr	164	128
Maissilage	38,0 €/t	33,0%	t/Jahr	4.699	3.655
Grassilage	34,0 €/t	35,0%	t/Jahr	250	194
Zuckerrüben	31,0 €/t	23,0%	t/Jahr	4.000	3.111
Gülleanteil am Gesamtinput			%	37,26	37,26
<b>Gasertrag</b>			<b>Nm<sup>3</sup></b>	<b>2.077.495</b>	<b>1.615.829</b>
<b>Bruttoenergieerzeugung aus Substrat</b>			<b>kWh/Jahr</b>	<b>10.949.991</b>	<b>8.516.660</b>
erzeugte elektrische Energie:			kWh/Jahr	4.160.997	3.236.331
abzüglich Transformationsverluste 1,0%			kWh/Jahr	41.610	32.363
<b>Eingespeiste elektrische Energie</b>			<b>kWh/Jahr</b>	<b>4.119.387</b>	<b>3.203.968</b>
<u><b>Einnahmen</b></u>			Inbetriebnahme:2011		
Grundvergütung			€/Jahr	402.807	320.419
TA-Luft-Bonus			€/Jahr	40.370	31.399
NawaRo-Bonus			€/Jahr	282.590	219.792
Gülle-Bonus			€/Jahr	79.002	70.031
KWK-Bonus			€/Jahr	29.551	23.206
Wärmeerlös abz. –kosten 2,0 Ct/kWh <sub>therm</sub>			€/Jahr	22.850	17.773
Betriebl. Wärmenutzung 40.000 kWh á 6,0 Ct/kWh <sub>therm</sub>			€/Jahr	2.400	2.400
<b>Summe Erlöse</b>			<b>€/Jahr</b>	<b>859.570</b>	<b>685.019</b>

→ - 22%

→ - 20%



# Längere Lagerdauer für Gärreste

Erhöhung der Lagerdauer von 210 auf 270 Tage  
 – Verminderung des Inputs um 22% –

Festkosten		210 Tage	270 Tage	
Abschreibungen	€/Jahr	159.000	159.000	
Ø Zinsen/Zinsansatz	4,00%	€/Jahr	41.479	41.479
Versicherung	0,6%	€/Jahr	10.500	10.500
Pacht Betriebsgrundstück	€/Jahr	2.000	2.000	
<b>Summe Festkosten</b>	<b>€/Jahr</b>	<b>212.979</b>	<b>212.979</b>	0%
Betriebskosten				
Instandhaltung bauliche Anlagen, Technik	€/Jahr	40.058	40.058	
Instandhaltung BHKW	€/Jahr	36.337	28.262	
Eigenstromverbrauch	€/Jahr	59.918	46.603	
Sonstige Kosten (z.B.: Gutachten, BF, ...)	€/Jahr	10.400	10.400	
Lohnkosten/-ansatz	€/Jahr	31.641	29.110	
<b>Summe Betriebskosten</b>	<b>€/Jahr</b>	<b>178.354</b>	<b>154.433</b>	- 13%
<b>Bereitstellungskosten</b> frei Eintrag inkl. Gärrestausbr.	<b>€/Jahr</b>	<b>449.821</b>	<b>349.861</b>	- 22%
<b>(Unternehmer-) Gewinnerwartung</b>	<b>€/Jahr</b>	<b>18.415</b>	<b>-32.254</b>	- 275%
Notwendige Lagerkapazität für	Tage/Jahr	210	270	
	t/Jahr	8.619	8.619	



# Erhöhung der Lagerdauer von 210 auf 270 Tage

– Mögliche Anpassungsreaktionen –

Maßnahme	Einheit	U´Gewinn €/Jahr	Gärrestl. m <sup>3</sup>
<b>IST-Situation</b> 6.600 t Gülle, 2.000 t HTK, 164 t Futterreste, 4.699 t Maissilage, 250 t Grassilage, 4.000 t ZR	€/Jahr	18.415	8.619
<b>Verminderung des Inputs um 22 Masse-% (c. p.)</b> -1.467 t Gülle, -440 t HTK, -37 t Futterreste, -1.044 t Maissilage, -56 t Grassilage, -889 t ZR	€/Jahr	-32.254	8.619
<b>Verminderung des Inputs + Flexprämie</b> (12.697 €/Jahr)	€/Jahr	-19.557	8.619
<b>Neubau gasdichtes Gärrestlager</b> mit ca. 2.500 m <sup>3</sup> (A = 90 €/m <sup>3</sup> , AfA 10 Jahre; Zins 4%, Unterhalt 1%)	€/Jahr	-11.006	11.082
<b>Neubau offenes Gärrestlager</b> mit ca. 2.500 m <sup>3</sup> (A = 42 €/m <sup>3</sup> , AfA 10 Jahre; Zins 4%, Uha 1%)	€/Jahr	4.557	11.082
<b>Anpassung des Substratmixes</b> -2.200 t Gülle , -1.100 t HTK, -4.000 t ZR, +3.996 t Maissilage	€/Jahr	33.577	8.619
<b>Tausch des GOM-BHKW (<math>\eta_{el}</math> +3%) und Anpassung des Substratmixes</b> -2.000 t Gülle, -4.000 t ZR, +420 t Maissilage; +2.000 t Getreide-GPS	€/Jahr	65.928	8.619
<b>Tausch des GOM-BHKW gegen ein ZS-BHKW (<math>\eta_{el}</math> +6%) und Anpassung des Substratmixes</b> -1.000 t Gülle, -4.000 t ZR, -250 t Grassilage , +1.360 t Maissilage)	€/Jahr	36.103	8.619

 Substitution der Gülle durch Mais und/oder GPS

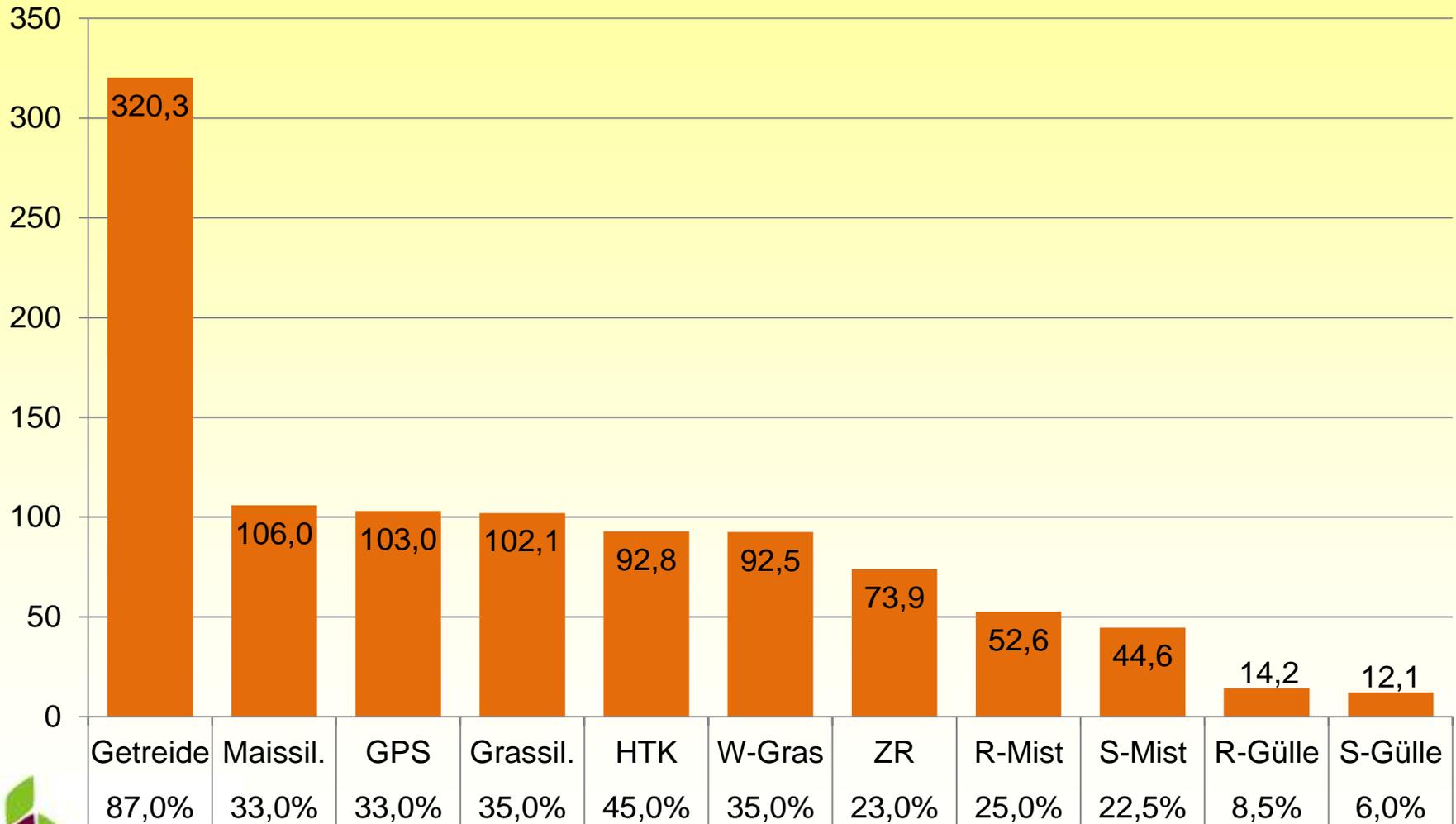
 Zuckerrübe verliert an Wettbewerbskraft



# Nährstoffgrenzwert 170 N<sub>org.</sub>/ha

[kg]

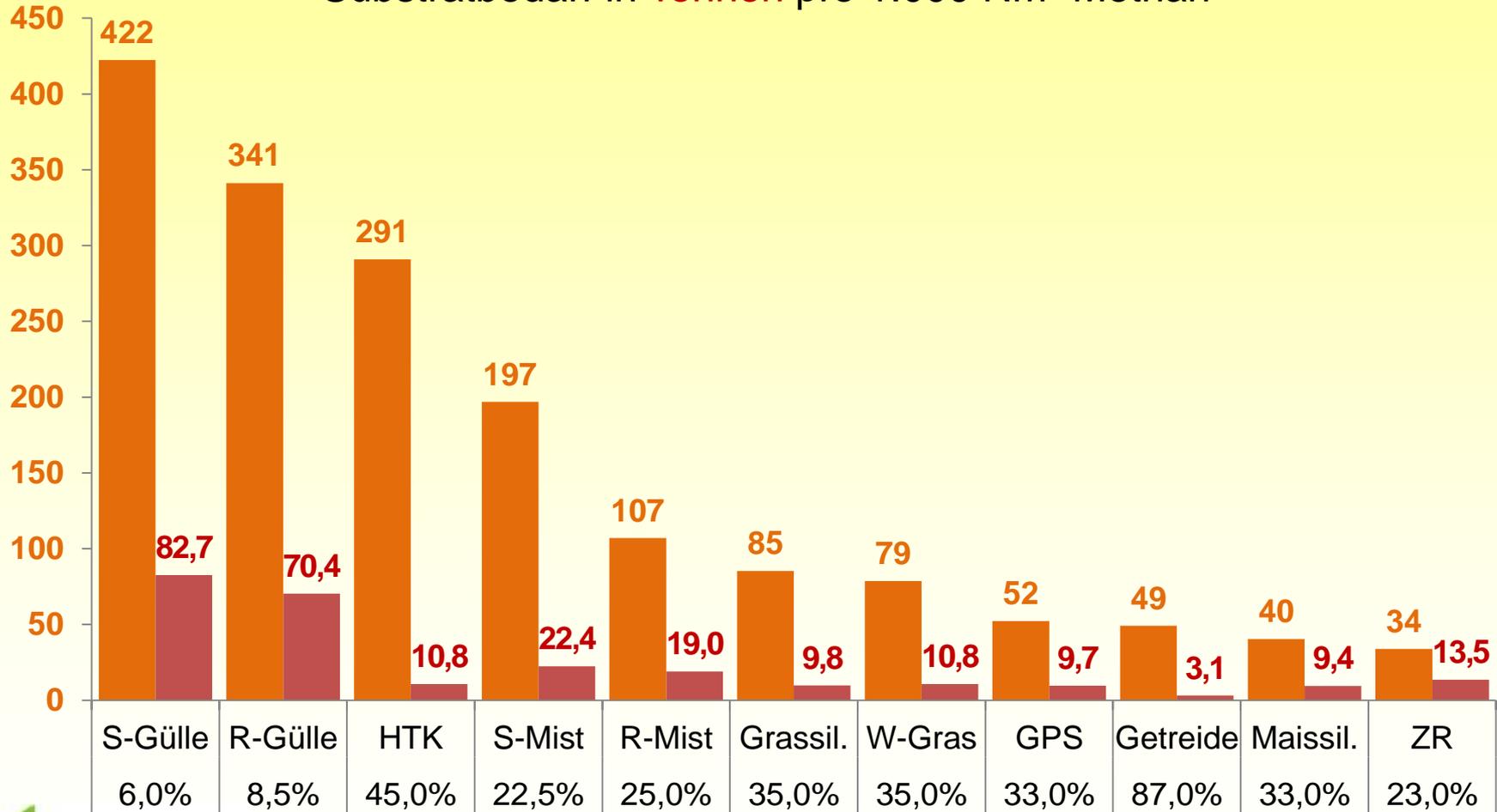
Stickstofffracht in Kilogramm pro Tonne Substrat





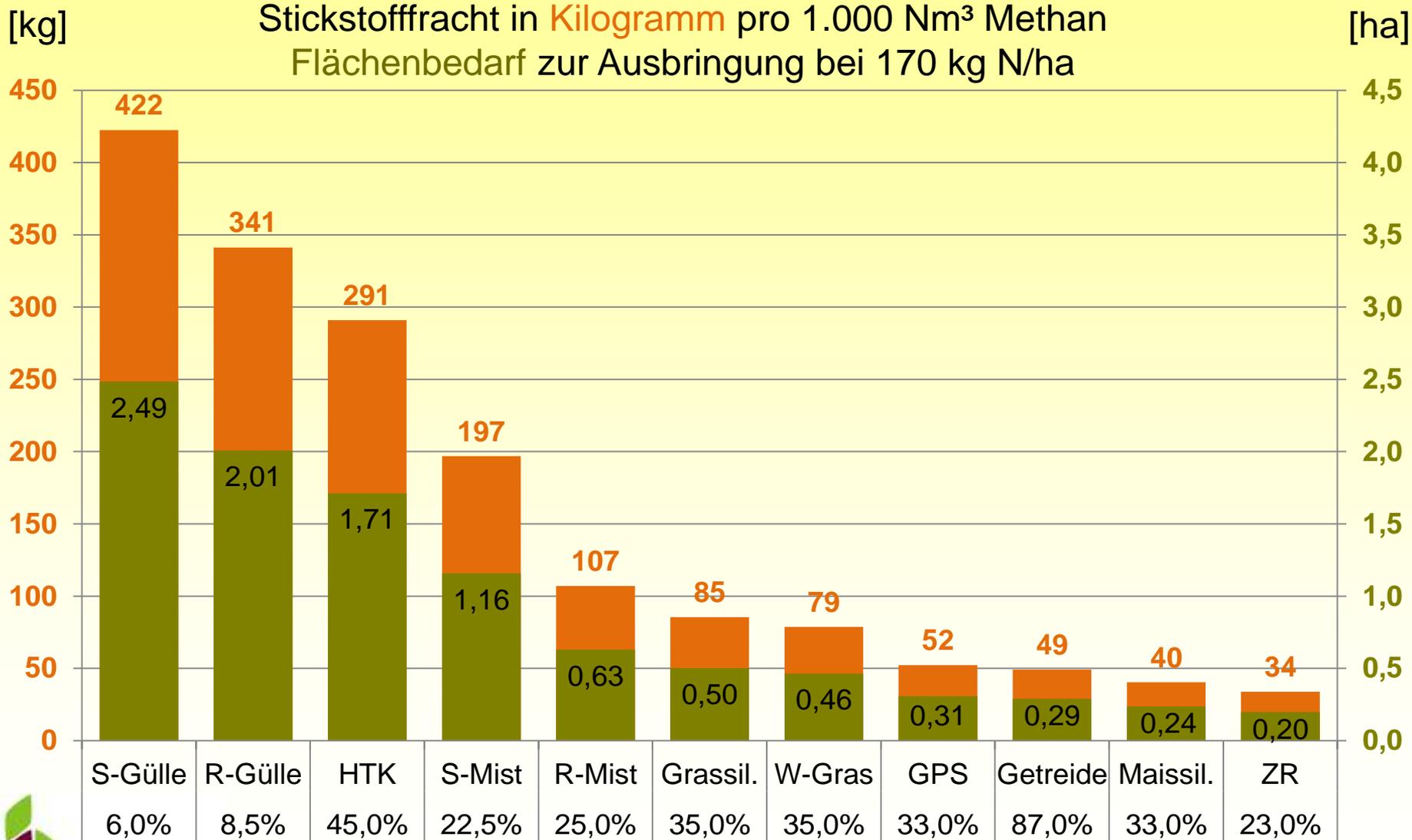
# Nährstoffgrenzwert 170 N<sub>org.</sub>/ha

Stickstofffracht in **Kilogramm** pro 1.000 Nm<sup>3</sup> Methan  
Substratbedarf in **Tonnen** pro 1.000 Nm<sup>3</sup> Methan





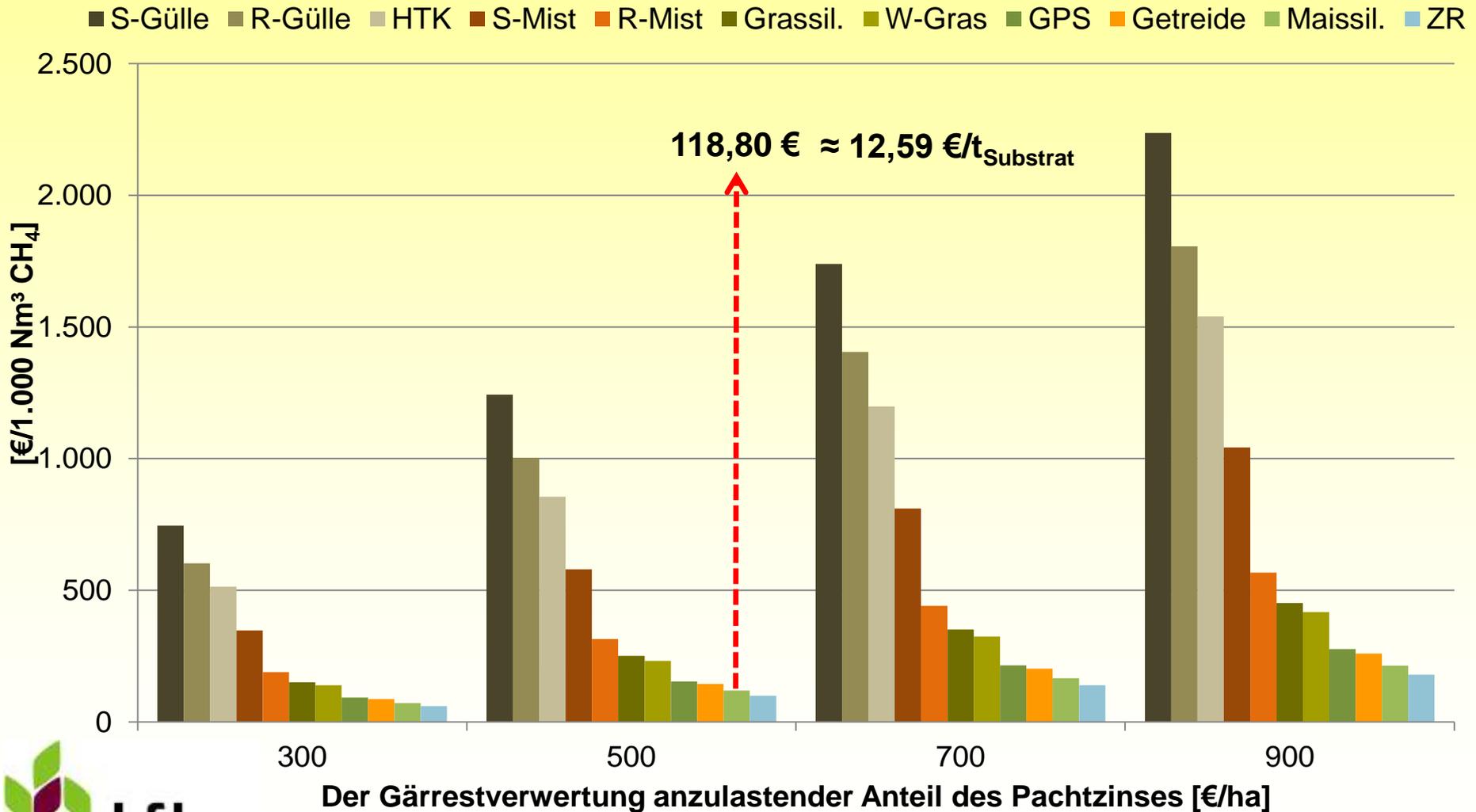
# Nährstoffgrenzwert 170 N<sub>org.</sub>/ha





# Nährstoffgrenzwert 170 N<sub>org.</sub>/ha

## Flächenkosten bei unterschiedlichen Pachtansätzen





# Nährstoffgrenzwert 170 N<sub>org.</sub>/ha

Grenzkosten in Ct/kWh<sub>el</sub> bei 500 €/ha Pachtanteil  
– Beispiel Maissilage –

Flächenkosten: **118,80** €/1.000 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>

→ 11,88 Ct/Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>

→ 11,88 Ct/9,968 kWh<sub>Hi</sub>

Nutzungsgrad <sub>el</sub>	%	35%	36%	37%	38%	39%	40%	41%	42%
Arbeit <sub>el</sub>	kWh <sub>el</sub> /Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2
Grenzkosten	Ct/kWh <sub>el</sub>	3,41	3,31	3,22	3,14	3,06	2,98	2,91	2,84



# Substitution von HTK durch Maissilage

	Einheit	Beispiel 1	Beispiel 2
HTK (45% TM)	$\text{CH}_4/\text{t}_{\text{FM}}$	92,80	79,50
Maissilage (33% TM)	$\text{CH}_4/\text{t}_{\text{FM}}$	106,00	106,00
Ersatz von HTK durch Maissilage	$t_{\text{Maissilage}}$	0,88	0,75
Bereitstellungskosten Mais	$\text{€}/\text{t}_{\text{Maissilage}}$	-45,00	-45,00
<b>Substitutionswert</b>	<b><math>\text{€}/\text{t}_{\text{HTK}}</math></b>	<b>39,40</b>	<b>33,75</b>
N-Fracht HTK	kg N/t	27,00	21,00
N-Fracht Mais	kg N/t	4,28	4,30
<b>Differenz N-Fracht</b>	<b>kg N</b>	<b>23,25</b>	<b>17,78</b>
Ø N-Fracht im Gärrest	kg N/t	6,50	6,50
Exportmasse Gärrest	$t_{\text{Gärrest}}$	3,58	2,73
Verbringungskosten	$\text{€}/\text{t}_{\text{Gärrest}}$	12,00	7,50
Vermiedene Verbringungskosten	€	42,93	20,51
<b>Vermiedene Verbringung abz. Substitutionswert</b>	<b><math>\text{€}/\text{t}_{\text{HTK}}</math></b>	<b>3,53</b>	<b>-13,24</b>
$\text{Erlös}_{\text{HTK}} - \text{Verbringungskosten}_{\text{HTK}}$	$\text{€}/\text{t}_{\text{HTK}}$	5,00(??)	7,50(??)
<b>Verzicht auf HTK</b>	<b><math>\text{€}/\text{t}_{\text{HTK}}</math></b>	<b>8,53</b>	<b>-5,74</b>



# Nährstoffgrenzwert

## Erzeugung von 10.000 Nm<sup>3</sup> Methan

Gülleanteil	Masse-%	0%	30%	50%
Methanertrag	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t <sub>Gü</sub>	14,21		
Maisanteil	Masse-%	100%	70%	50%
Maissilage	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t <sub>MS</sub>	106		
Substratbedarf	t <sub>Gü</sub>	0,0	38,2	83,2
	t <sub>MS</sub>	94,4	89,2	83,2
Maisertrag	t/ha	48		
Siliverluste	Masse-%	10%		
Flächenbedarf	ha	2,2	2,1	1,9
Stickstofffracht	kg	403,9	567,5	759,7
N pro Substratfläche	kg/ha	184,9	274,7	394,4
max. org. Dünger	kg/ha	170		
<b>Überschuss</b>	<b>kg/ha</b>	<b>14,9</b>	<b>104,7</b>	<b>224,4</b>
Nährstoffgehalt	kg <sub>N</sub> /t <sub>Gärrest</sub>	5,9	5,6	5,4
<b>Export</b>	<b>(m<sup>3</sup>) t/ha</b>	<b>2,54</b>	<b>18,84</b>	<b>41,71</b>

Verbringungskosten regional unterschiedlich ca. 5 bis 20 €/t<sub>Gärrest</sub>



# N-Grenzwert 170 kg/ha

Beispielsanlage 500 kW<sub>el</sub> mit 8322 Vbh

Substrate	TM	t/Jahr	kg <sub>N</sub> /t	t <sub>N</sub> /Jahr	t <sub>Gärrest</sub>	ha <sub>Substrat</sub>
Rindergülle	8,5%	6.600	4,85	32	6.381	
HTK	40,0%	2.000	23,20	46,4	1.614	
Futterreste	34,0%	164	6,50	1,1	134	
Maissilage	33,0%	4.699	4,28	20,1	3.431	108
Grassilage	35,0%	250	8,71	2,2	188	11
Zuckerrüben	23,0%	4.000	2,50	10	3.233	65
<b>Summe</b>		<b>17.713</b>		<b>112</b>	<b>14.981</b>	<b>184</b>

➡ N-Fracht 7,46 kg/t<sub>Gärrest</sub>

➡ Auf Substratfläche unterzubringen 184 ha x 170 kg/ha = 31 t<sub>N</sub> ≈ 4.200 t<sub>Gärrest</sub>

➡ Verbleibender Rest 80 t<sub>N</sub> ≈ 10.800 t<sub>Gärrest</sub>

➡ Erforderliche zusätzliche Ausbringfläche **473 ha**



# N-Grenzwert 170 kg/ha

Beispielsanlage 500 kW<sub>el</sub> mit 8322 Vbh

Substrate	TM	t/Jahr	kg <sub>N</sub> /t	t <sub>N</sub> /Jahr	t <sub>Gärrest</sub>	ha <sub>Substrat</sub>
Rindergülle	8,5%	4.500	4,85	21,8	4.350	
HTK	40,0%	--	23,20	--	--	
Futterreste	34,0%	112	6,50	0,7	92	
Maissilage	33,0%	8.730	4,28	37,3	3.431	199
Getreide-GPS	35,0%	200	8,71	1,1	149	6
Zuckerrüben	23,0%	--	2,50	--	--	--
<b>Summe</b>		<b>17.713</b>		<b>112</b>	<b>14.981</b>	<b>205</b>

➡ N-Fracht 5,56 kg/t<sub>Gärrest</sub>

➡ Auf Substratfläche unterzubringen 205 ha x 170 kg/ha = 35 t<sub>N</sub> ≈ 6.270 t<sub>Gärrest</sub>

➡ Verbleibender Rest 26 t<sub>N</sub> ≈ 4.680 t<sub>Gärrest</sub>

➡ Erforderliche zusätzliche Ausbringfläche **153 ha**