



# DBU Projekt am ZALF

## **Wege zur naturschutzgerechten Erzeugung von Energiepflanzen für Biogasanlagen: Verfahren, Betriebe, Rahmenbedingungen.**

AZ 23559 – 33/0

G. Uckert, J. Schuler, C. Sattler

J. Hufnagel, P. Zander, K. Müller



# Gliederung

- 1. Kurze Vorstellung des Projekts**
- 2. Aufbau des Modells**
  - a. Darstellung Biogasmoduls**
  - b. Darstellung der Betriebe**
- 3. Ergebnisse der Modellszenarien**
- 4. Ökologische Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus**
- 5. Ausblick**



# Biogasanlage

## Vereinbarkeit mit Naturschutzanforderungen?

Ziel: Lösung Konflikt Naturschutz und Klimaschutz

Problem:

- Biogasanlagen: hohe Investitionskosten => hohe Intensität im Anbau ?
  - Hoher Flächenanteil Monokultur Mais
  - Substrate mit hohen Biogausbeuten bei geringer Raumbelastung

Methode:

- Modellierung: MODAM (Bioökonomisches Betriebsmodell)
  - Betriebsmodell incl. Biogasanlagen und
  - ökologischer Bewertung von Produktionsverfahren
- Erfassung und Bewertung neuer Produktionsverfahren
  - Kultur / Intensität
  - Diversifizierung des Substrateinsatzes in Biogasanlage



## **Biogasproduktion - Chancen für den Naturschutz**

- einjährige Energiepflanzen bei Aufweitung der Fruchtfolge  
>> Beitrag Biodiversität
- standortangepasste „Robust“- Arten und Sorten  
>> Beitrag Senkung der Intensität
- Kulturartenmischungen, Zweinutzungssysteme, Zwischenfrüchte  
>> Beitrag Lebensraumfunktionen
- mehrjährige Energiepflanzen  
>> Beitrag Biotopvernetzung
- Nutzung Biomasse aus Landschaftspflege  
>> Kostenbeitrag



# Aufbau des Biogasmoduls in MODAM

(Multi Objective Decision Support Tool for Agroecosystem Management)

Pflanzenproduktion

Tierproduktion

Ernteerträge

Gülle, Festmist

Lieferung:  
BGA, TS

Lieferung:  
BGA, TS

Fermenter  
BGA min, TS max  
Volumen

CH<sub>4</sub>-Produktion  
Jahresleistung

Gärrest  
N, P, K, TS

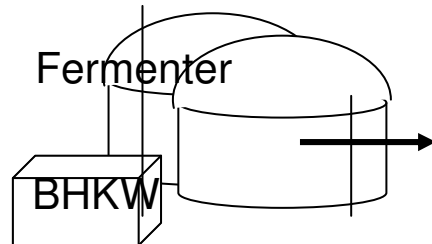
BHKW  
Strom, Wärme

Direkteinspeisung  
Biogas





# Anspruch der Biogasanlage Substratdiversität



max. Substratmenge bei min. Qualität →  
opt. Gasmenge  $\text{CH}_4/\text{d}$  →

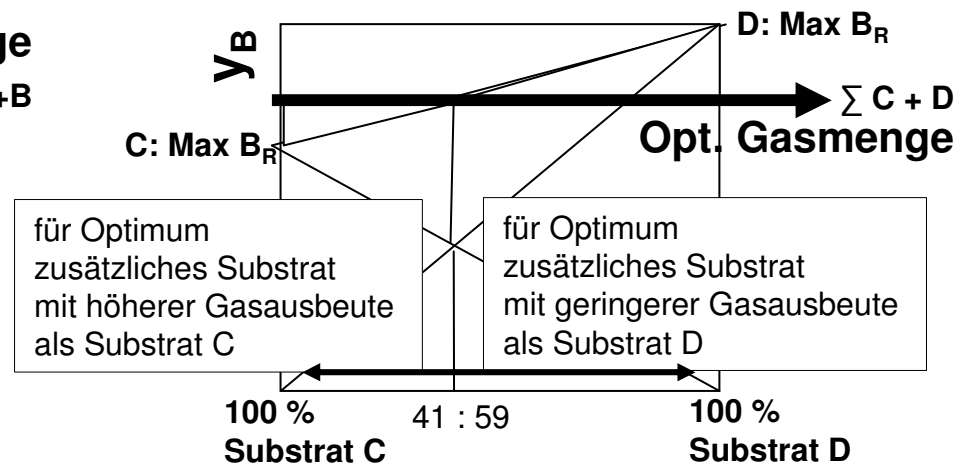
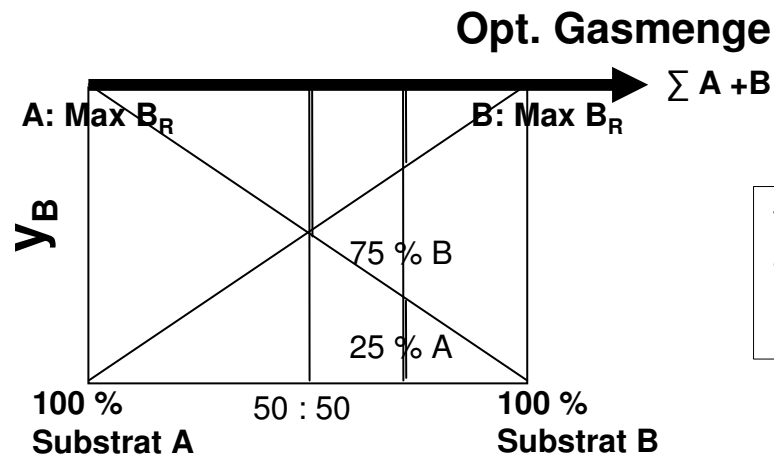
Restriktionen:

$\sum$  Raumbelastung  $B_R$   
 $\sum$  Biogasausbeute  $y_B$

## Austauschbeziehungen der Substrate:

1. vollkommene  
Mischungspartner  
(jedes Mischungsverhältnis führt zum Optimum)

2. unvollkommene  
Mischungspartner  
(nur ein Mischungsverhältnis führt zum Optimum)





„Ergebnisse zur ökonomischen und ökologischen Bewertung von Energiepflanzen“

# Datengrundlage: Biogasausbeute Wirtschaftsfuttermittel

Die Biogasausbeuten werden mit Hilfe der Angabe über die umsetzbare Energie (ME) und folgender Gleichung (Regressionsanalyse) geschätzt:  
**BGA [m<sup>3</sup>/kg oTS] = 0,0442\* ME + 0,2918**

Gängige Substrate wie Mais-, Luzerne- und Grassilage werden überschätzt

Beschreibung	TS	ME	BGA.Literatur	BGA nForm	
Winterroggen	88,00	13,48	0,87	0,89	2%
Winterweizenstroh	86,00	6,37	0,48	0,57	9%
Futterrüben	12,00	11,96	0,88	0,82	-6%
Silomais Beginn Teigreife	27,00	10,51	0,68	0,76	8%
Silomais Ende Teigreife frühe Sorte	35,00	10,70	0,73	0,76	3%
Silomais Ende Teigreife mittelfrühe Sorte	38,00	11,06	0,81	0,78	-3%
Luzerne Grünfutter	17,00	9,83	0,53	0,73	20%
Gras Welksil.	35,00	9,73	0,54	0,72	18%
GPS Gerste Ende Blüte	23,00	9,56	0,92	0,71	-21%
Sudangras 1. Schnitt	19,00	8,87	0,76	0,68	-8%
Sudangras 2. Schnitt	24,00	7,90	0,81	0,64	-17%
Roggenschrot	88,00	13,31	0,87	0,88	1%
Rübensilage Nassschnitzel	14,00	11,70	0,88	0,81	-7%



(\*Quelle: Biogas in der Landwirtschaft, Leitfaden für Landwirte und Investoren im Land Brandenburg, 2006, B. Linke et al., S. 16)



„Ergebnisse zur ökonomischen und ökologischen Bewertung von Energiepflanzen“

# Datengrundlage: Spezifizierung Biogasanlage

Leistungsklasse (=BHKW Größe)	Fermenter	Zufuhr/Tag	Strommenge BHKW	Biogasanspruch BHKW	Erlös pro kWh
kW	m <sup>3</sup>	t oTS/d	kWh / a	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> / a (365 d)	ct/kWh
<b>100</b>	<b>1.100</b>	<b>3,3</b>	<b>750.000</b>	<b>247500</b>	<b>17,5</b>
<b>250</b>	<b>2.750</b>	<b>8,25</b>	<b>1.875.000</b>	<b>618750</b>	<b>16,09</b>
<b>500</b>	<b>5.500</b>	<b>16,5</b>	<b>3.750.000</b>	<b>1237500</b>	<b>14,98</b>
<b>1000</b>	<b>11.000</b>	<b>33,0</b>	<b>7.500.000</b>	<b>2475000</b>	<b>13,19</b>
Annahmen:	11 m <sup>3</sup> /kW *	BR: 3 kg oTS pro m <sup>3</sup> FV und Tag	bei 7.500 Volllaststunden (ca. 85 % Auslastung)	Wirkungsgrad 33 % und 10 kW/m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	Mischkalk. EEG (ohne jährliche Degression)
Funktion im Modell	Anspruchs- grundlage der Anlage	max. Raum- belastung im Mittel (Substr.)	Puffer für Wartungsarbeiten, Betriebsstörungen	mindest Lieferung der Substrate für angesetzte Leistung	Errechnung der Vergütung

\* Mittelwert aus FNR-Messprogramm 2005, vergleichbare Biogasanlagen zu den Betrieben Zi und Do (NawaRo-Anlagen)



„Ergebnisse zur ökonomischen und ökologischen Bewertung von Energiepflanzen“

# Datengrundlage: Investitionskosten Biogasanlage

Leistungsklasse (BHKW)	Fermenter	Investition Fermenter Bau-, Elektro- Heizungstechnik, Ingenieursleistungen, etc.	Investition BHKW
kW	m <sup>3</sup>	€	€
100	1.100	495.000,-	55.000,-
250	2.750	990.000,-	110.000,-
500	5.500	1.485.000,-	165.000,-
1000	11.000	2.970.000,-	330.000,-
<b>Annahmen:</b>	11 m <sup>3</sup> /kW*	abgeleitet aus FNR - Messprogramm 2005: 300 - 500 €/m <sup>3</sup> FV	10 % der Gesamtinvestition
<b>Funktion im Modell</b>	Anspruchs- grundlage der Anlage	Kosten für Neuanlage, Skalenvorteile, 17 Jahre Afa, Zinsfuß 6 %	Kosten für BHKW oder Verwertungsalternative Direkteinspeisung. Afa 5 Jahre, Zinsfuß 6 %



„Ergebnisse zur ökonomischen und ökologischen Bewertung von Energiepflanzen“

## Datengrundlage Betriebe: Biogasanlagen, Tierproduktionsverfahren, Flächenanteile

Betrieb	Beschreibung
K0: Standard	Biogas-Anlage_500kW
DO	Biogas-Anlage_250kW
KI	Biogas-Anlage_100kW
	Bullenmast auf Maisbasis von 125 kg Fresser bis 700 kg Bulle, Alter 23 Monate; Gülle
	Zuchtsauenhaltung auf Alleinfutterbasis; Festmist, und Läuferproduktion bis 25 kg Gülle
	Milchviehhaltung mit Nachzucht und Verkauf der männl. u. weibl.Kälber n. d. Absetzen mit 125 kg; Gülle
ZI	Biogas-Anlage_500kW
	Biogas-Anlage_1000kW
	Milchviehhaltung mit Nachzucht und Verkauf der männl. u. weibl.Kälber n. d. Absetzen mit 125 kg; Gülle

Betrieb	Bezeichnung	SchlagGr [ha]
K0	AZ 20-30	50
K0	AZ 30-45	50
K0	AZ 45-55	50
K0	AZ 55-	50
Do	AZ 20-30	110
Do	AZ 30-45	110
Do	AZ 45-55	30
Ki	AZ 20-30	1000
Ki	AZ 30-45	100
Zi	AZ 20-30	380
Zi	AZ 30-45	1160
Zi	AZ 45-55	1200
Zi	AZ 55-	1110

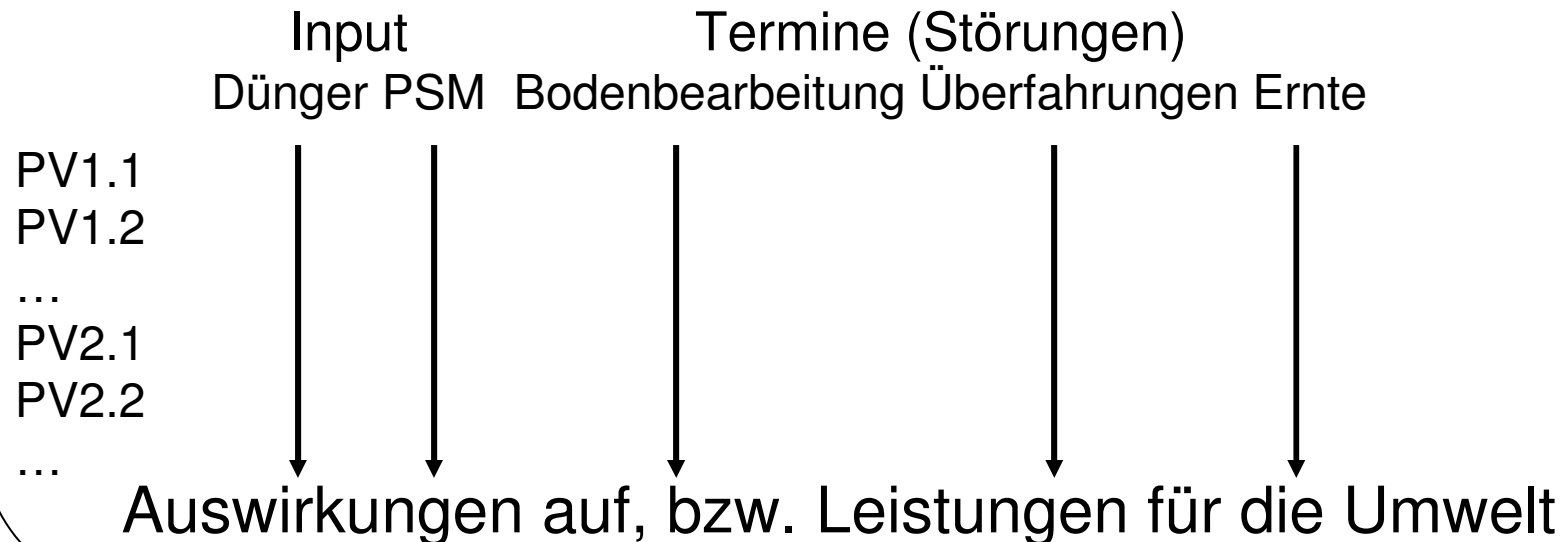


# Ökologische Ziele für die Produktionsverfahren

## Klimaschutz versus Naturschutz

**Substrate werden durch Produktionsverfahren (PV) geliefert,  
die je nach Ausformung unterschiedliche Umweltwirkungen haben**

- Die Variationsbreite an Intensitäten, Ruhephasen und Ernteterminen orientiert sich an der landwirtschaftlichen Praxis >> Relevanz der Ergebnisse





# Ökologische Bewertung von Anbauverfahren

## Indikatoren

### Biotisch

1. Segetalflora
2. Schwebfliegen
3. Feldhase
4. Feldlerche
5. Amphibien
6. Wassererosion

### Abiotisch

7. Grundwasser
8. PSM
9. N/P- Verhältnis
10. Nitrat

- Experten-Wissen wird umgesetzt in ein Regelwerk, dass sich auf die beschriebenen Anbauverfahren anwenden lässt.
- Fuzzy-Technik um unscharfes Wissen verarbeiten zu können.



„Ergebnisse zur ökonomischen und ökologischen Bewertung von Energiepflanzen“

# Ökologische Bewertung – Zielerreichungsgrade verwendeter Kulturarten (ZEG 1 = opt.)

Kult	NO3	NP	PSM	GW	Lerche	Hase	Schweb	Flora
GPS	0,60	0,73	1,00	0,33	0,60	0,53	0,53	0,31
KMA	0,81	0,87	0,75	0,74	0,52	0,59	0,57	0,24
LZS	0,93	0,68	1,00	0,15	0,49	0,66	0,62	0,36
SMA	0,46	0,51	0,65	0,75	0,38	0,38	0,36	0,18
STI	1,00	1,00	0,88	0,03	0,88	0,93	0,84	0,68
TRI	0,46	0,86	0,75	0,36	0,37	0,57	0,44	0,43
WGE	0,38	0,55	0,13	0,32	0,09	0,29	0,28	0,40
WRA	0,38	0,52	0,20	0,35	0,14	0,27	0,19	0,37
WRO	0,79	0,84	1,00	0,34	0,53	0,70	0,60	0,60
WWE	0,42	0,61	0,25	0,36	0,14	0,33	0,25	0,44
ZRU	0,45	0,54	0,21	0,72	0,12	0,24	0,17	0,13



# Szenarien und Betriebe

- Szenarien
  - Biogas\_Basis optimierte Biogasausbeute
  - Biogas\_kons 50 % reduzierte Biogasausbeute
  - Preis 50 % Anstieg der Marktfruchtpreise
  - Preis BA fix „Preis“ mit Biogasanlage fix
  - Lib „Preis“ bei Wegfall der Subventionen
- Betriebe
  - Standardbetrieb K0: Standardverfahren Brandenburg
  - Praxisbetriebe DO, ZI: eigene Verfahren + Std. Verf. Bbg.



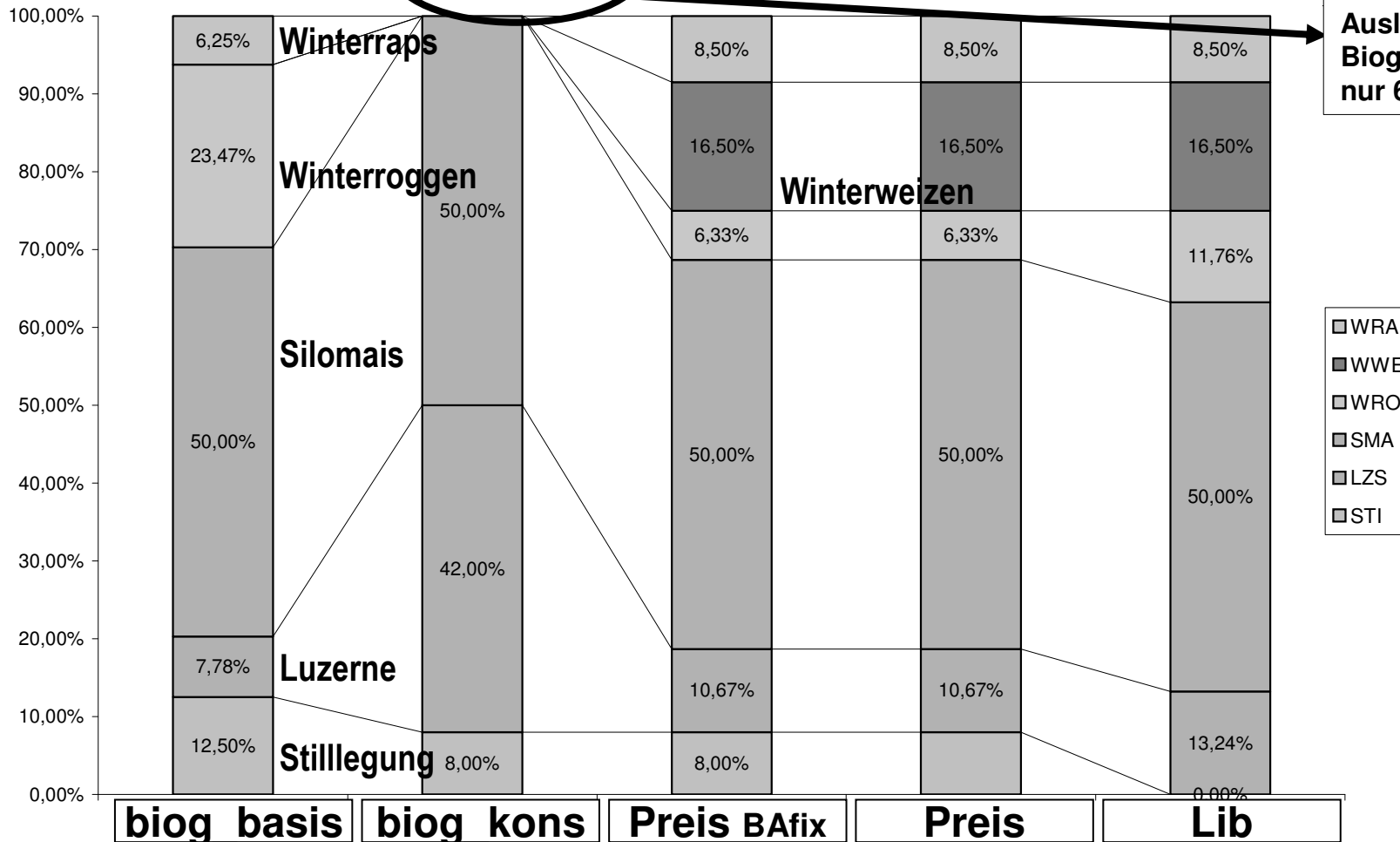
„Ergebnisse zur ökonomischen und ökologischen Bewertung von Energiepflanzen“

Ergebnisse der Modellierung: Betrieb K0

Vergleich der Flächennutzung in den Szenarien und des ø Deckungsbeitrags pro Hektar in €

Betrieb = Stand

1.287,48 €    **630,41 €**    1.416,43 €    1.416,43 €    1.143,02 €

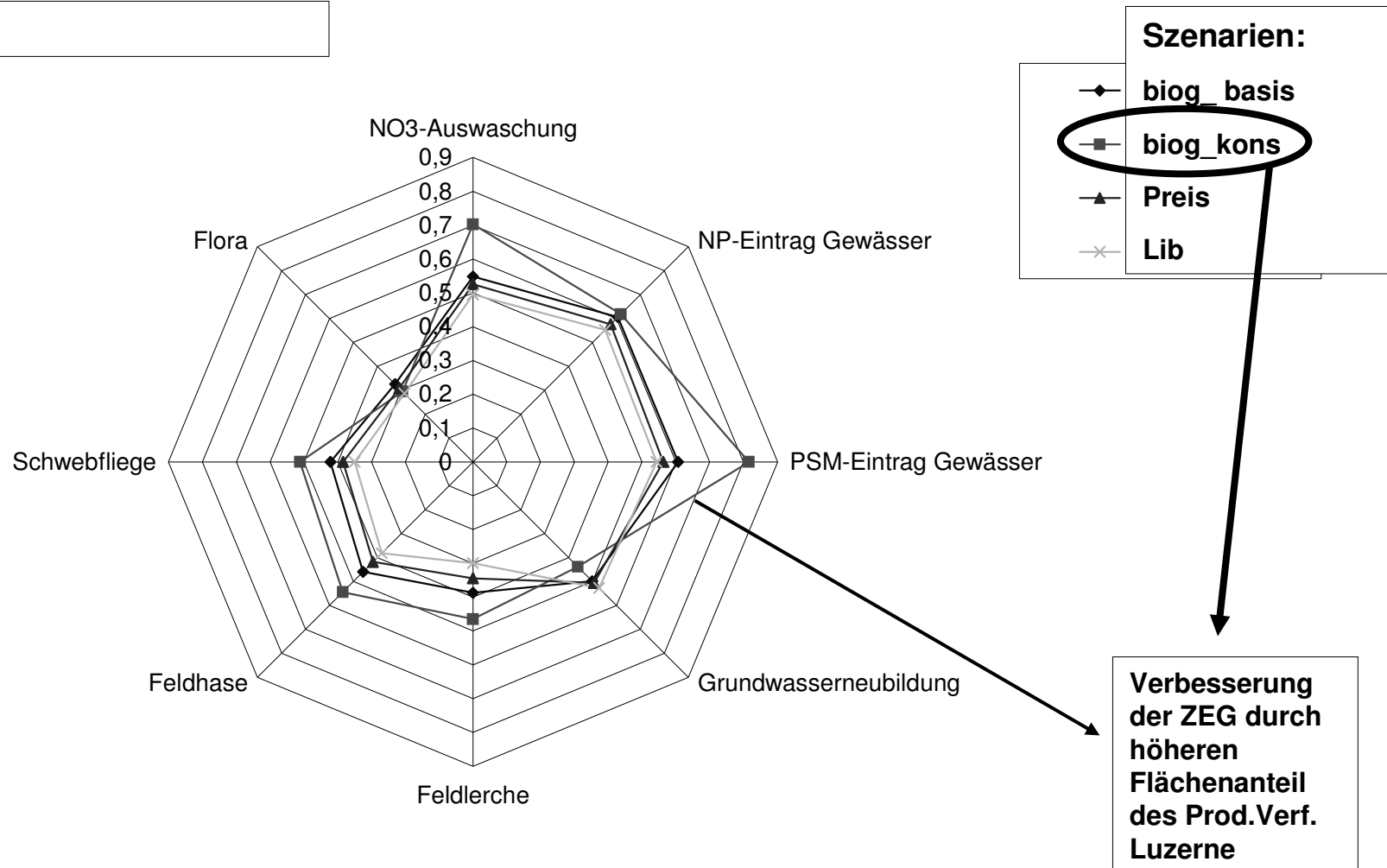


Auslastung der Biogasanlage nur 66 %



„Ergebnisse zur ökonomischen und ökologischen Bewertung von Energiepflanzen“

# Ökologische Bewertung – Ergebnisse Betrieb K0 (ZEG für Gesamtbetrieb bei den Szenarien,)



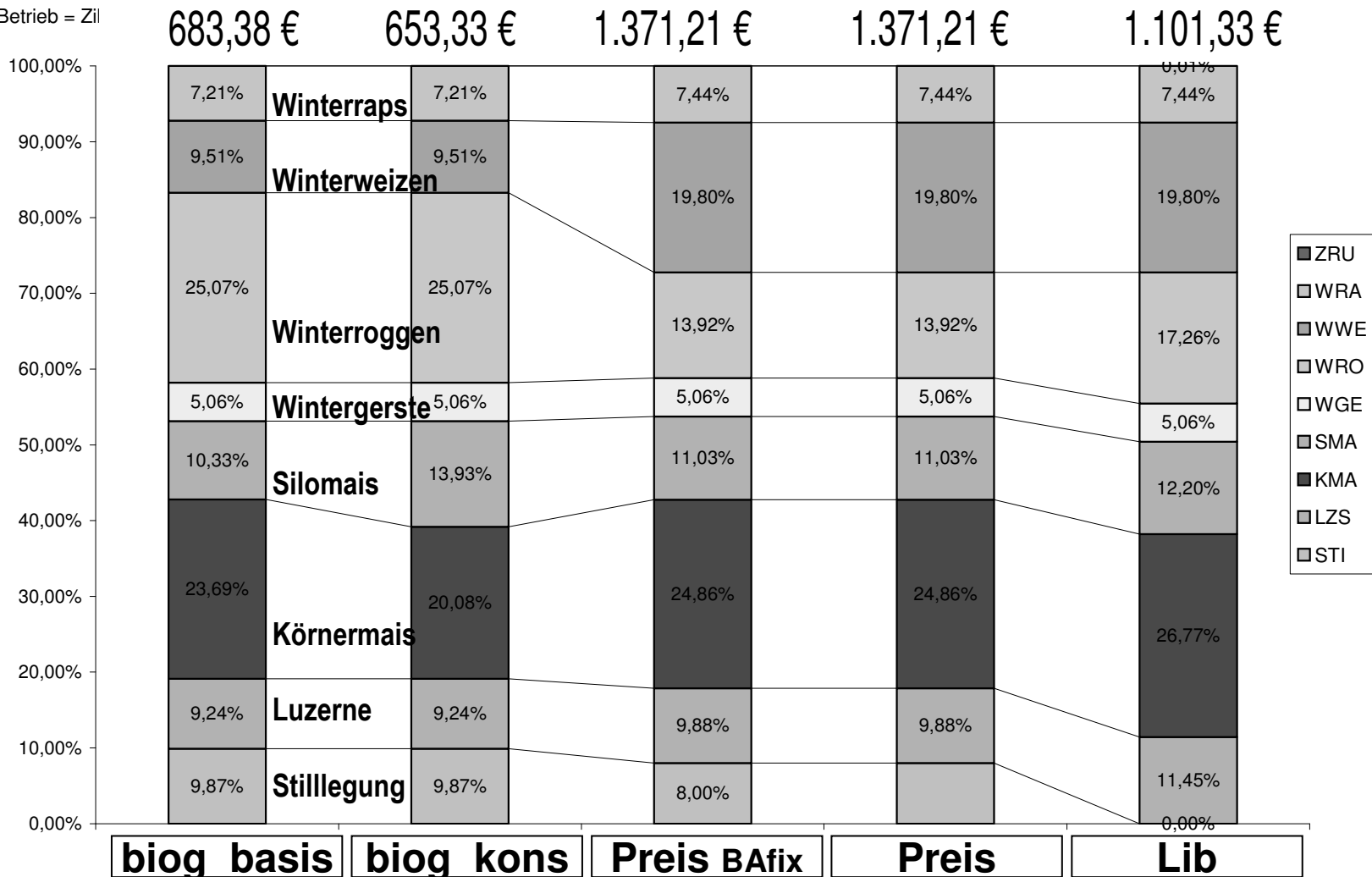


„Ergebnisse zur ökonomischen und ökologischen Bewertung von Energiepflanzen“

Ergebnisse der Modellierung: Betrieb ZI  
 Vergleich der Flächennutzung in den Szenarien und  
 des ø Deckungsbeitrags pro Hektar in €



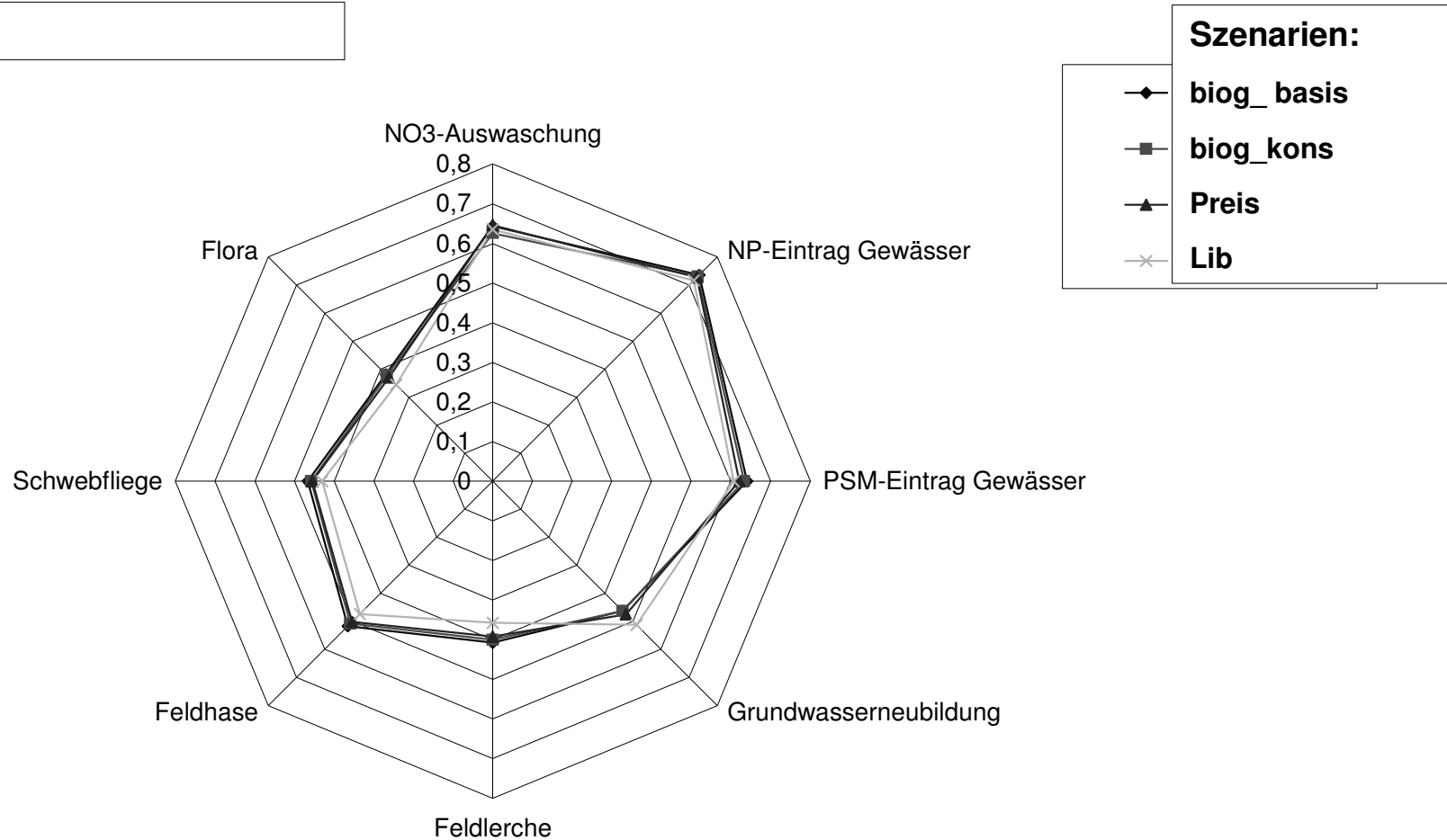
Betrieb = Zil



„Ergebnisse zur ökonomischen und ökologischen Bewertung von Energiepflanzen“



# Ökologische Bewertung – Ergebnisse Betrieb ZI (ZEG für Gesamtbetrieb bei den Szenarien,)





„Ergebnisse zur ökonomischen und ökologischen Bewertung von Energiepflanzen“

## Methanhektarerträge und Substratkosten je m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>

Kultur	Gesamtertrag CH <sub>4</sub> je ha	Variable Kosten je m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	Variable Kosten incl. Arbeitslohn je m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	KultLP
Ganzpflanzensilage, Getreid	3.401	0,13 €	0,15 €	GPS11108aAZKI38VZ8NS5006
Luzernegras, Silage	1.921	0,22 €	0,25 €	LZS11001AZKI38VZ8NS5006
Silomais	4.093	0,19 €	0,20 €	SMA1100aAZKI38VZ8NS5006
Silomais	4.965	0,12 €	0,15 €	SMA11104aAZKI38VZ8NS5006
Silomais	4.965	0,10 €	0,12 €	SMA11102aAZKI38VZ8NS5006



## Zusammenfassung bisheriger Ergebnisse

- **Ökonomisches Ergebnis hängt entscheidend von den realisierten Biogasausbeuten in der Anlage ab**
- **Ökologisches Ergebnis hängt entscheidend von den zugrundeliegenden Kulturen und Produktionsverfahren ab**
- **Ableitung Kennzahlen:**
  - **Substratkosten bei Einspeisung Strom:**  
ca.: 7 ct/kWh (oberhalb NawaRo-Bonus)
  - **Preisschwelle für Option Direkteinspeisung:**  
bei 0,50 €/m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>



# Ausblick Szenarientwicklung

**A:** Referenz-Szenario, Betriebssysteme ohne Energiepflanzen,  
monetär optimierte Produktion bei aktuellen Preisen

**B:** Energiepflanzen-Intensivanbauverfahren insb. Mais  
Ausdehnung in den Grenzen der GfP.  
Schwerpunkt „Gewinnmaximierung“.  
(Biogasanlagengröße 250 kW, 500 kW, 1000 kW,  
Unterschiedliche Standortvoraussetzungen, Einfluss mögl. Preis- und Kostenentwicklungen)

**C:** Neue Energiepflanzenanbauverfahren  
Konkurrenzfähige Energiepflanzen-Fruchtfolgen  
(Nebenziel: Verbesserung der Zielerreichungsgrade für Umweltqualitätsziele (UQZ) *ohne Förderung*)  
Schwerpunkt „Kosteneffiziente ökologische Leistungen“.

**D:** Naturschutz-Szenario  
Energiepflanzen-Fruchtfolgen für festzulegende Habitatentwicklungsziele  
(Berücksichtigung ökologischer Erfordernisse in sensiblen Gebieten (FFH, SPA, etc.);  
max. Zielerreichungsgrade für UQZ *mit Förderung*;  
Schwerpunkt „Kostenausweisung umweltorientierter Energiepflanzen-Anbauverfahren“.



Vielen Dank  
für Ihre  
Aufmerksamkeit



„Ergebnisse zur ökonomischen und ökologischen Bewertung von Energiepflanzen“

# Datengrundlage: Biogasausbeute Wirtschaftsdünger

## Wirtschaftsdünger für Biogasanlage

DüngerTyp*	Biogas-Ausbeute in Liter je kg TS
Pferdemist	300
Rindermist	440
Rindergülle	340
Schweinemist	350
Schweinegülle	380



„Ergebnisse zur ökonomischen und ökologischen Bewertung von Energiepflanzen“

## Im Modell angesetzte Fruchtfolgerestriktionen

Beschreibung	Fruchtfolgeanteile
<b>Getreide</b>	<b>0,75</b>
Weizen	0,33
Roggen	1
Gerste	0,5
Hafer	0,25
Tritikale	0,33
<b>Mais</b>	<b>0,5</b>
großkörnige Leguminosen	0,25
Erbsen	0,2
Ackerbohnen, Lupinen	0,25
Sojabohnen	0,25
Rotklee	0,2
Kleegras	0,33
Weißklee	0,5
Steinklee	0,2
Luzerne	0,2
Raps, Rübsen, Senf, Kohl	0,25
Sonnenblumen	0,2
Öllein, Faserlein	0,2
Hackfrüchte	0,5
Kartoffeln	0,25
Rüben:Futt., Zuck., Rote, Möhren	0,2