

Chancen und Probleme einer Biogasanlage im Biobetrieb

Dr. Kurt Möller

Institut für Pflanzenernährung, Universität Hohenheim

Inhalt

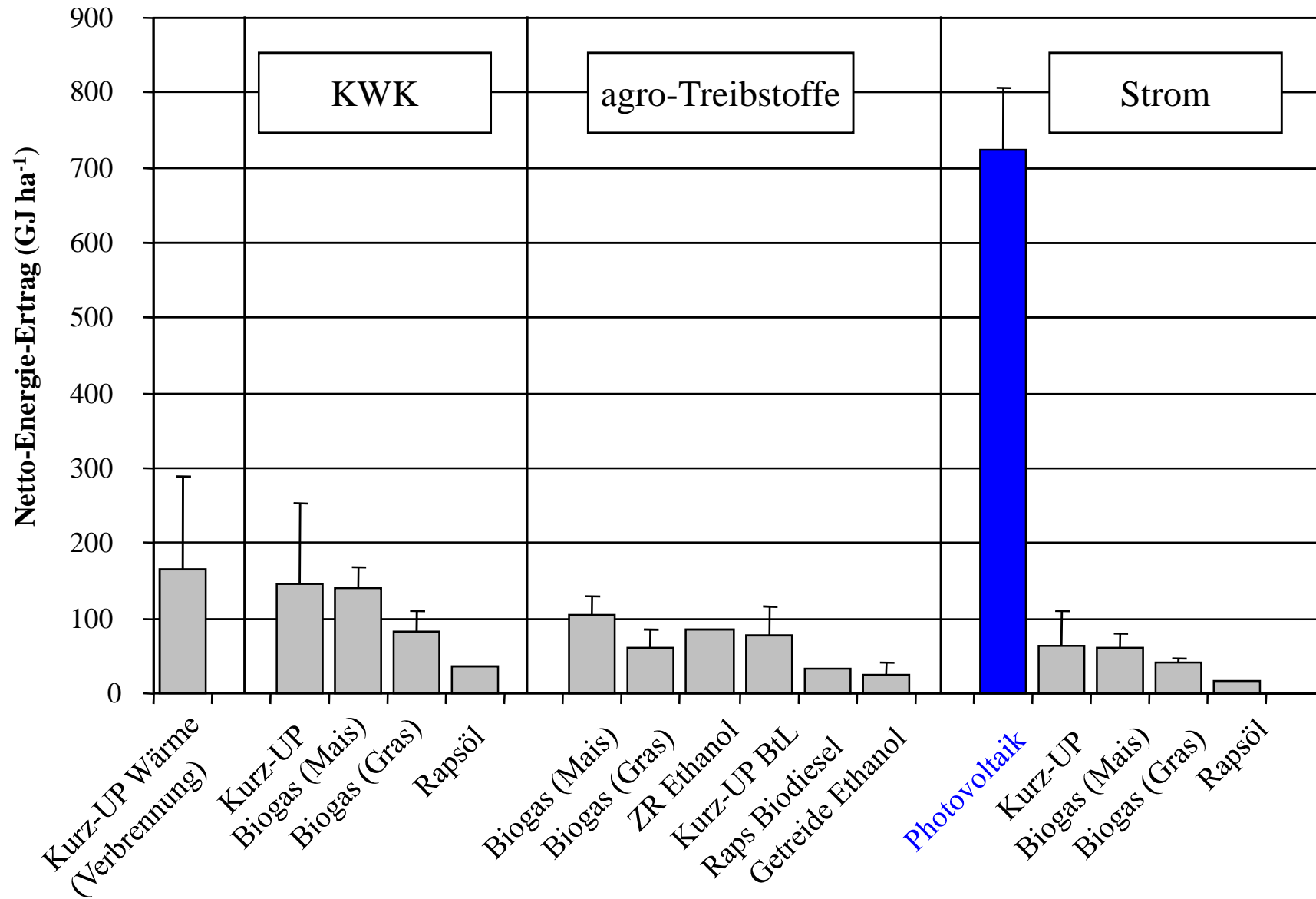
- Einführung
- Biogas im viehlosen System
- Biogas im viehhaltenden System
- Auswirkungen auf Humusbilanz
- Klima- und Energiebilanz
- Wirtschaftlichkeit
- Gärsubstratmanagement
- Fazit

Biogaskonzepte im ökologischen Landbau

(nach Aspach und Möller 2009)

- **1. Reststoffverwerter**
 - Verbindung von Tierhaltung und BGA, z.T. Einbindung von überschüssigen Flächen/Aufwüchsen (ca. 17% der Bio-Biogasanlagen)
- **2. Öko-Energiepflanzenerzeuger**
 - Wesentliche Anteile am Substratmix aus ökol. Energiepflanzenanbau, z.B. Klee gras- oder Grünlandaufwüchse in viehlosen Betrieben (25-30% der Bio-Biogasanlagen)
- **3. Zukäufer konventioneller Substrate**
 - Hoher Anteil an zugekaufter konventionell erzeugter Substrate (ca. 50% der Bio-Biogasanlagen)

Nettoenergieerträge aus regenerativen Energien (GJ ha⁻¹)



Bei Photovoltaik: 15%iger Eigenverbrauch für Herstellung und Bereitstellung der Module

Ergänzt nach Koch et al. 2007

Inhaltsstoffe vergorener und unvergorener Gülle

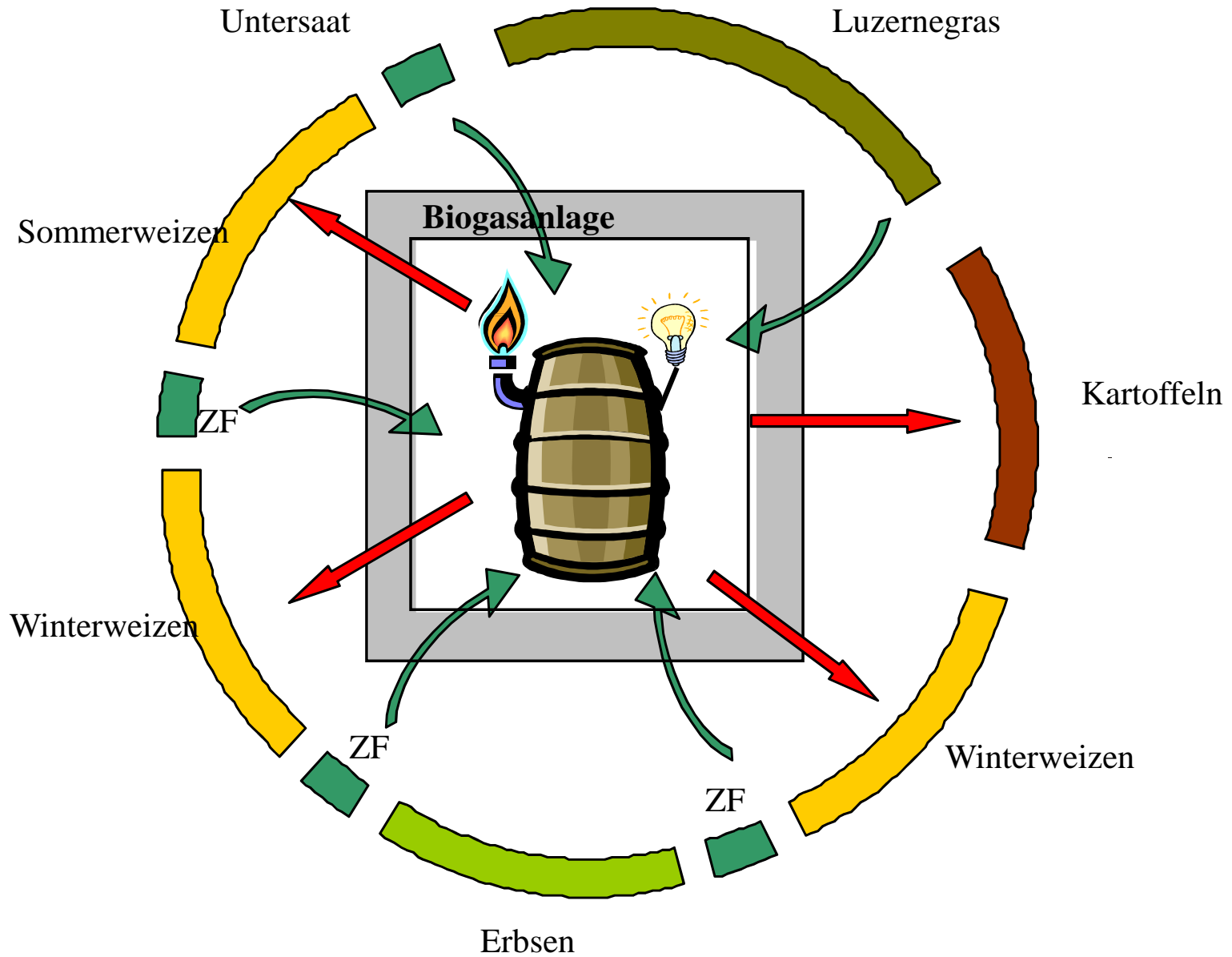
	RG	BG
TS [%]	11,3	9,2
oTS [% FM]	7,89	5,87
N_t-Gehalt [‰ in der FM]	3,82	3,89
NH₄⁺ -Gehalt [‰ in der FM]	1,65	2,05
pH	6,97	7,77

Viehlose Landbausysteme

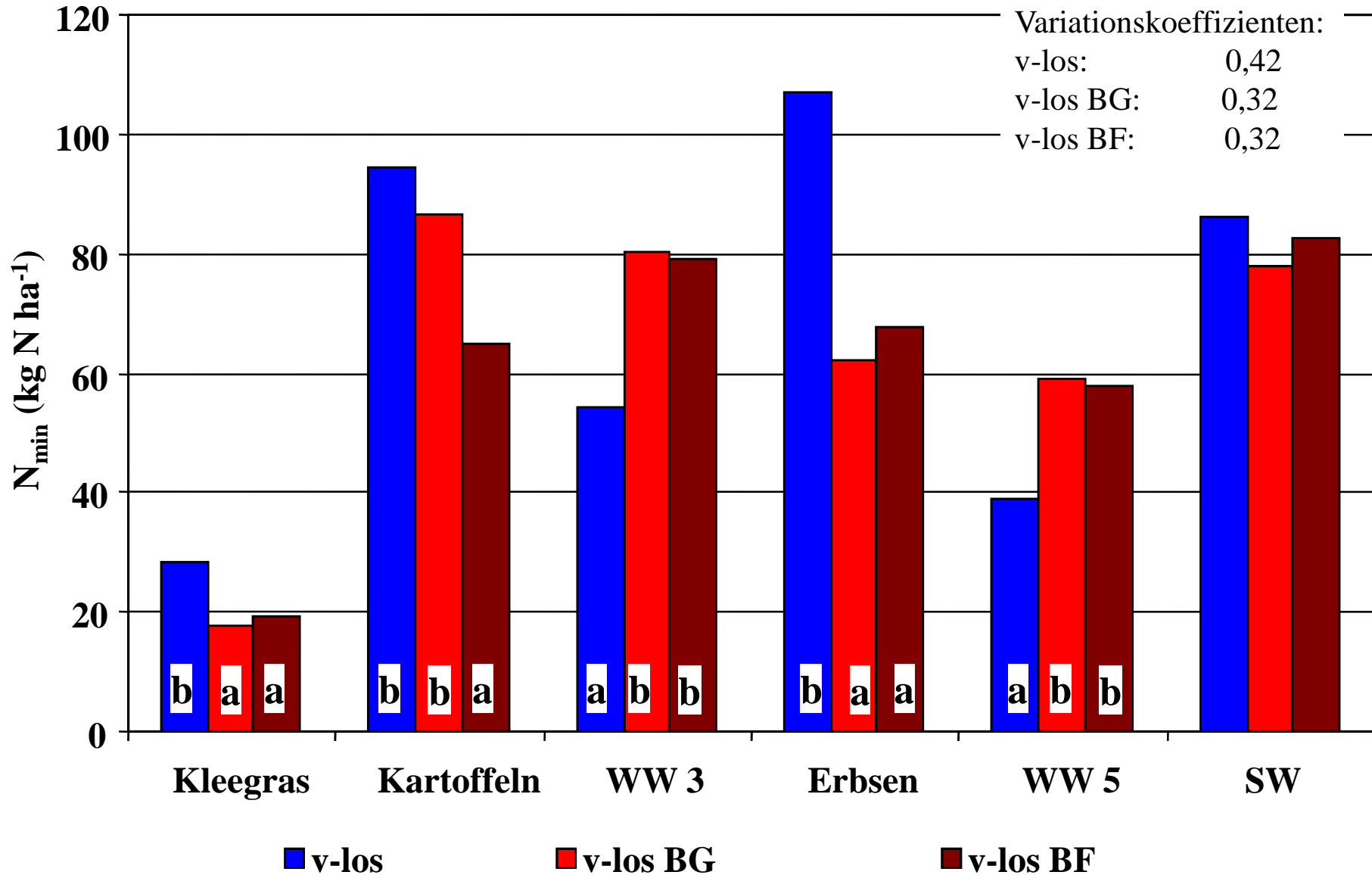
6-feldrige Fruchtfolge; ohne Viehhaltung: 1 x Klee gras, 5 Marktfrüchte
Für Modellierungen: Betriebsgröße 200 ha

Düngungssystem	Abkürzung	Besonderheiten der Bewirtschaftung der Nebenernteprodukte
Übliche viehlose Bewirtschaftung	v-los	verblieben als Gründüngung auf der Fläche
Vergärung eigener Substrate	v-los BG	geerntet, zwischengelagert und vergoren, Gärreste wurden innerhalb der Fruchtfolge (um)verteilt
Vergärung betriebseigener und – fremder Substrate	v-los BF	wie v-los BG, zusätzliche Vergärung von betriebsfremden Kosubstraten (umgerechnet 40 kg N ha ⁻¹)

Viehlose Fruchtfolge: Biogasvariante v-los BG



Auswirkungen auf die N_{\min} -Gehalte zu Vegetationsbeginn



Auswirkungen auf die Stoffzufuhr über die organische Düngung

	v-los	v-los BG	v-los BF
organ. TS (dt ha⁻¹)	64,7	25,3	30,8
C-Düngung (dt ha⁻¹)	32	14	17
Gesamt-N-Düngung (kg N ha⁻¹)	128	126	154
Mobile N-Düngung (kg N ha⁻¹)	0	104	132
N-Düngung zu Nicht-Leguminosen	150	180	223
N-Düngung zu Leguminosen	83	10	10
Gesamt C/N organische Düngung	25,2	11,0	11,1
Ammonium-N (kg N ha⁻¹)	0	43,2	54,5

Relative Veränderungen der N-Aufnahmen viehlos-Versuch (%) (MW 2003-2005)

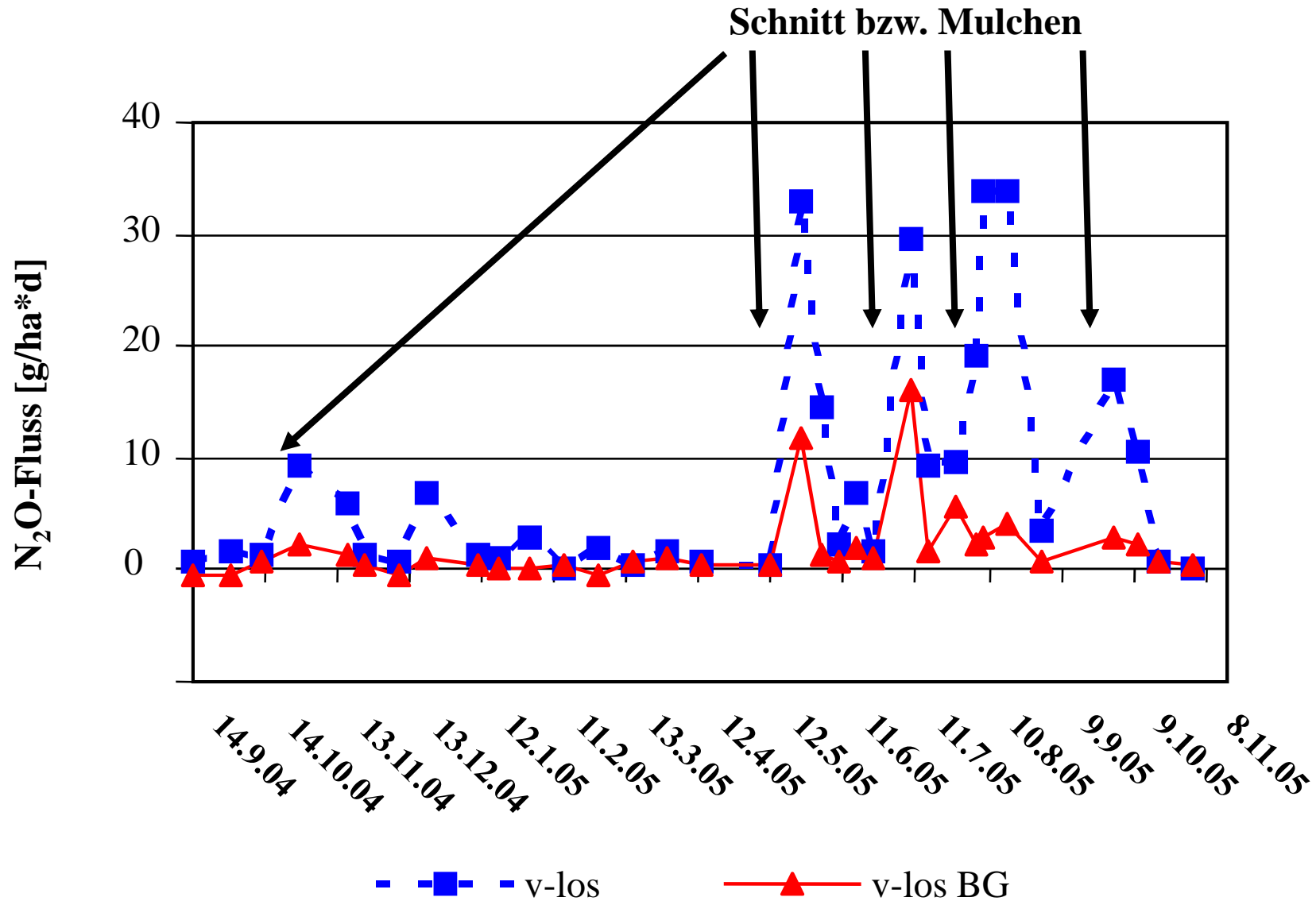
	v-los	v-los BG
KG	100	100
Kartoffeln	100	100
WW 3	100	117
Erbsen	100	100
WW 5	100	130
SW	100	117
Summe NL	100	116
Summe Get	100	122

Auswirkungen der Klee-grasnutzung auf die biologische N₂-Fixierung

	US	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	Σ	N- Ernte	Feld- bilanz
v-los	65	156	31	39	21	312	0	312
v-los BG	67	168	129	113	68	545	452	93
v-los BF	64	155	127	106	61	513	499	64

Auswirkungen der Kleegrasnutzung auf die bodenbürtigen Lachgasemissionen

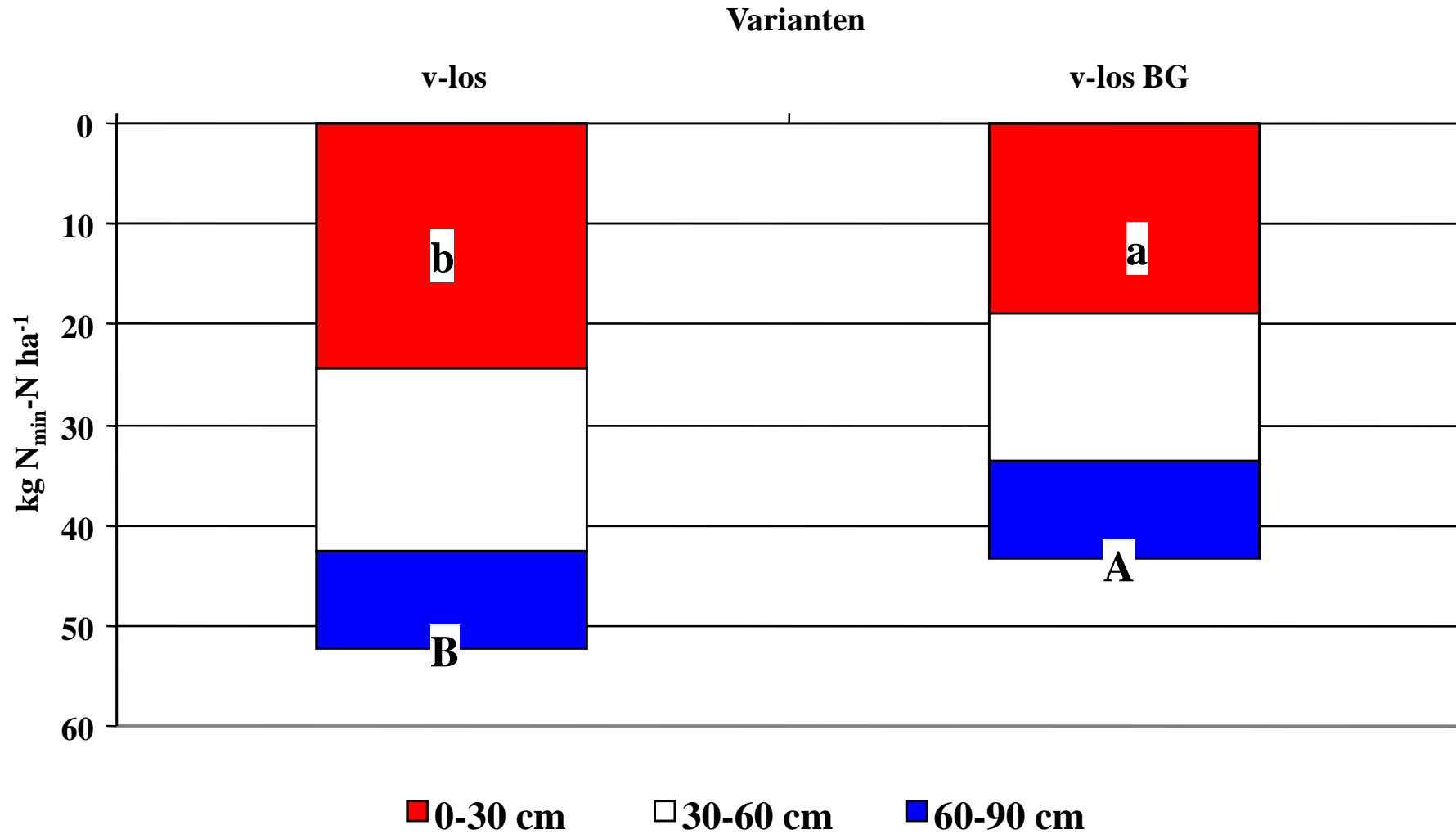
September 2004-Oktober 2005



Bodenbürtige N₂O-Jahresemissionen (g N₂O-N/ha)

	v-los	v-los BG
KG	6.808b	844a
KA	2.963a	2.217a
WW 3	761a	1.748ab
Erb	1.399b	944a
WW 5	4.378	3.355
SW	1.175a	1.800b
Σ FF	17.484a	10.908b
MW FF	2.914b	1.818a
relativ (%)	100	62,4

N_{\min} -Gehalte im Boden zu Vegetationsende viehlos-Versuch (MW der gesamten Fruchtfolge, 2003 und 2004)



Viehhaltende Systeme

Viehhaltende Landbausysteme

**8-feldrige Fruchtfolge; 0,8 GV ha⁻¹; 30% Grünland; 70% Ackerland;
Bemessung Düngerkreislauf anhand der P-Flüsse;
Für Modellierungen: Betriebsgröße 200 ha**

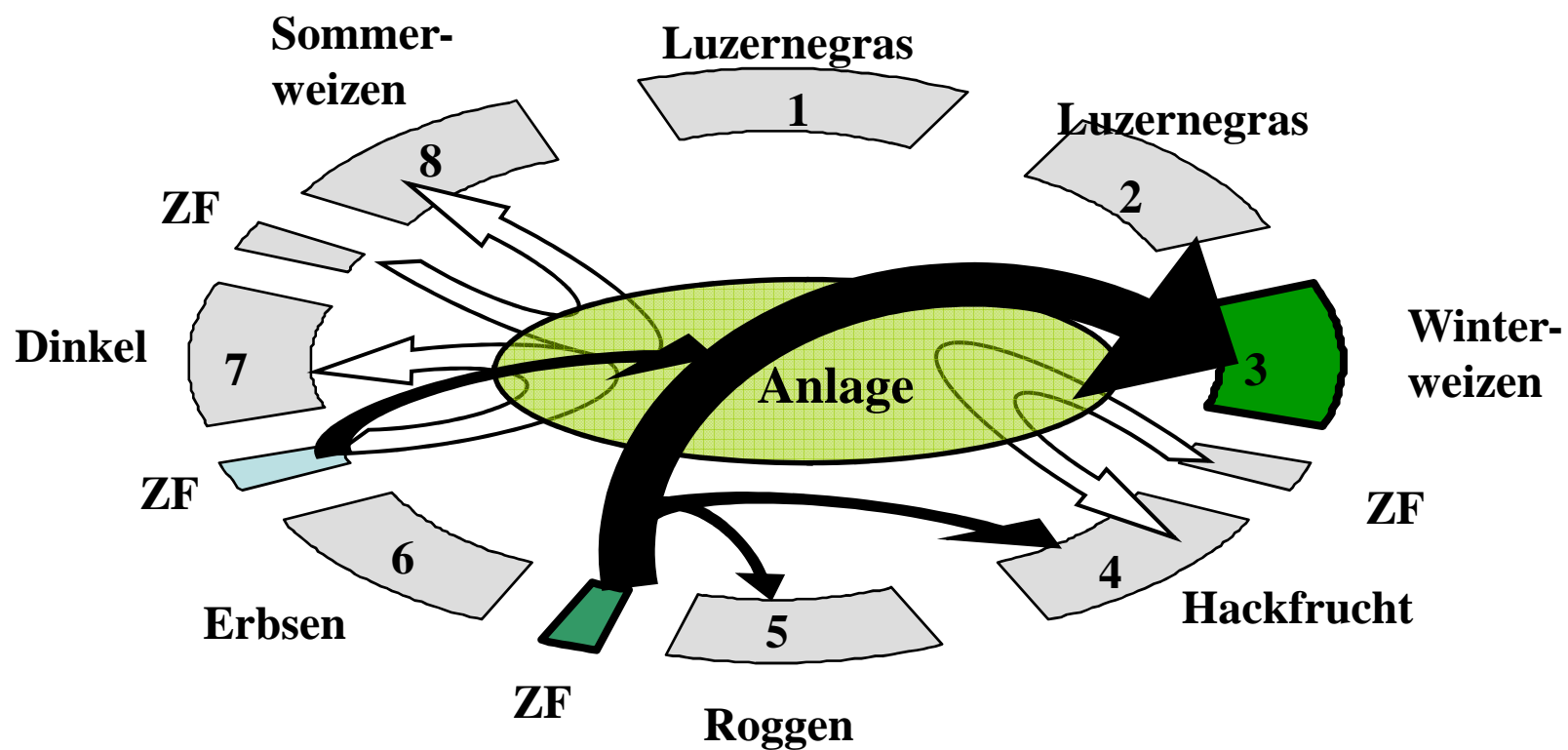
Düngungs- system	Abkür- zung	Besonderheiten der Bewirtschaftung der Nebenernteprodukte
Stallmist	SM	Sämtliches Getreidestroh geerntet, übrige Nebenernte- produkte und Zwischenfrucht als Gründüngung
Unvergoren e Gülle	RG	Nur WW-Stroh geerntet, übrige Nebenernteprodukte und Zwischenfrucht als Gründüngung
Vergorene Gülle	BG	Gülle vergoren, sonst wie RG
Ko-Ver- gärung I	BG+BE	Gülle und alle Nebenernteprodukte + Zwischenfrüchte vergoren, Gärreste innerhalb der FF (um)verteilt
Ko-Ver- gärung II	BG+BF	Wie BG+BE, zusätzlich Vergärung betriebsfremder Kosubstrate (40 kg N ha ⁻¹)

Auswirkungen auf die Stoffzufuhr über die organische Düngung (Ackerland)

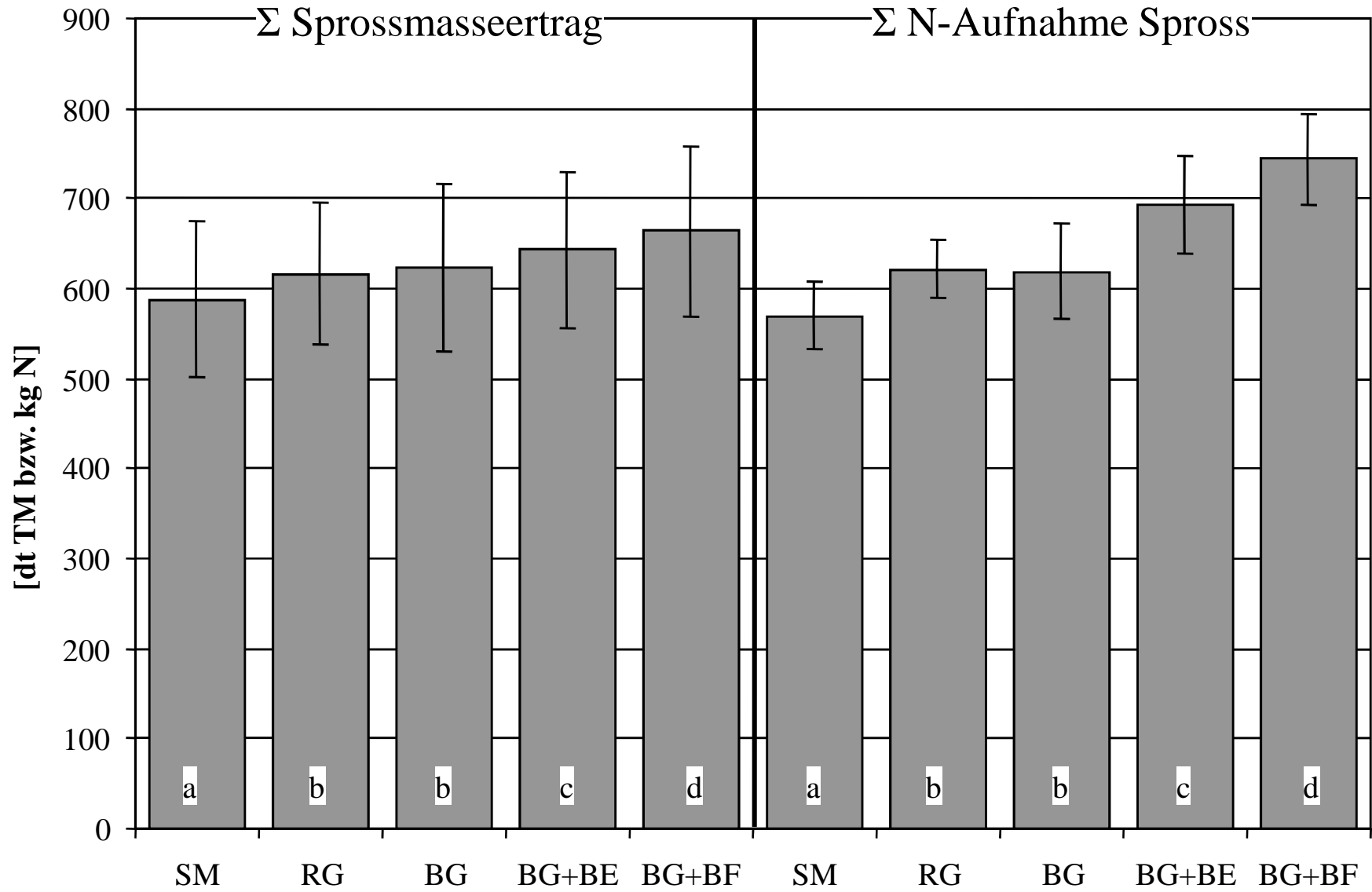
	SM ¹⁾	RG	BG	BG+BE	BG+BF
organ. TS (dt ha⁻¹)	49	62	60	37	50
C-Düngung (dt ha⁻¹)	25	32	30	21	28
N-Düngung (kg N ha⁻¹)	157	172	169	173	216
Mobile N-Düngung	84	90	87	151	193
N-Düngung zu NL	225	241	239	264	336
N-Düngung zu Leg.	45	55	54	14	14
Ammonium-N (kg N ha⁻¹)	18	40	44	76	85
Gesamt C/N org. Düngg.	15,7	18,4	17,8	11,8	13,0
Gesamt C/N Nicht-Leg.	13,5	11,6	10,6	9,7	10,4
Gesamt C/N Legum.	16,8	17,7	17,3	36,1	40,8

¹⁾ einschließlich Jauche (3% des Gesamt-P)

Nährstoffströme bei Vergärung der Zwischenfrucht



Sprossertrag und N-Aufnahme Nicht-Leguminosen 2003-2005



Auswirkungen auf Humushaushalt und Bodenleben

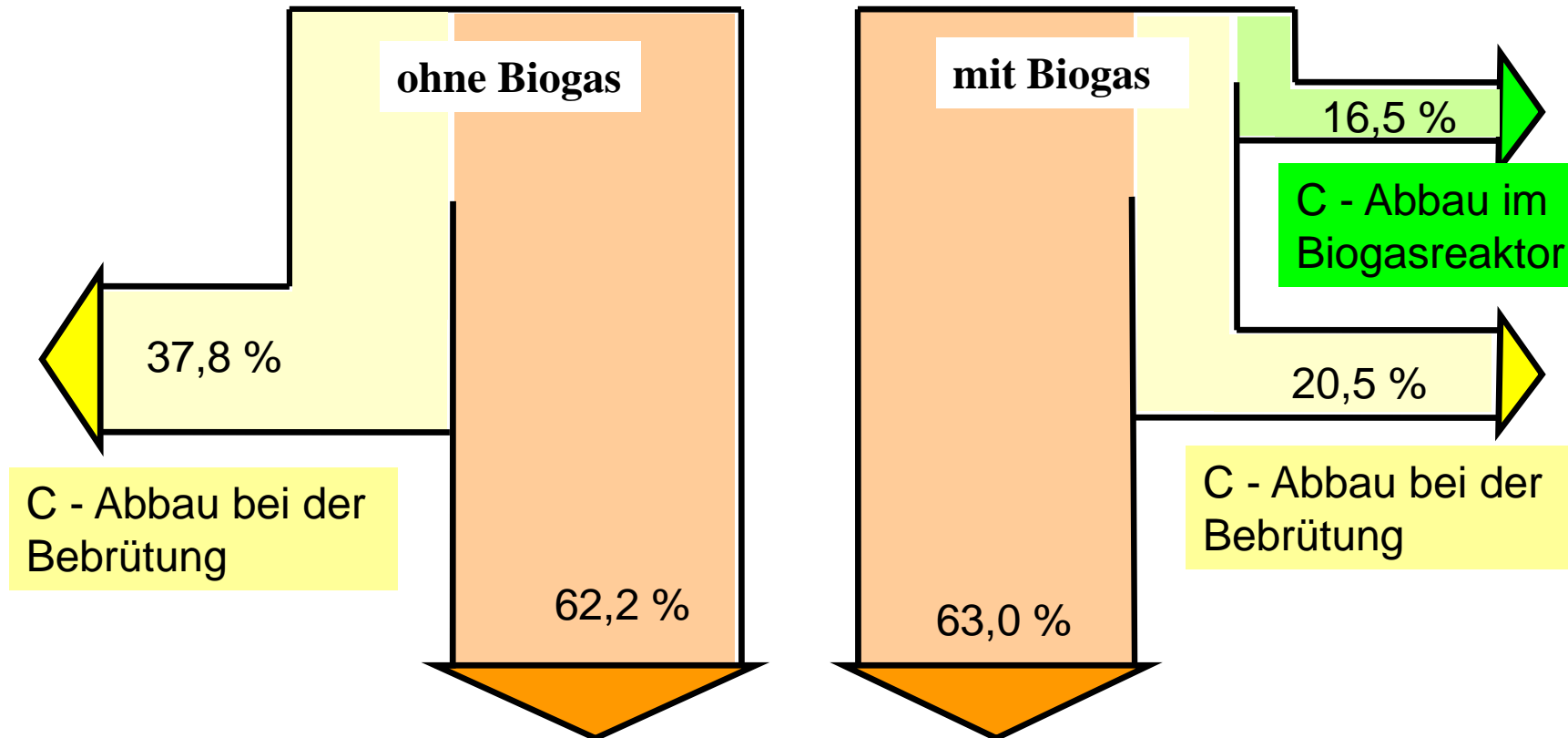
- Viehhaltender Versuch -

Humusbilanz nach VDLUFA (kg Humus-C ha⁻¹)

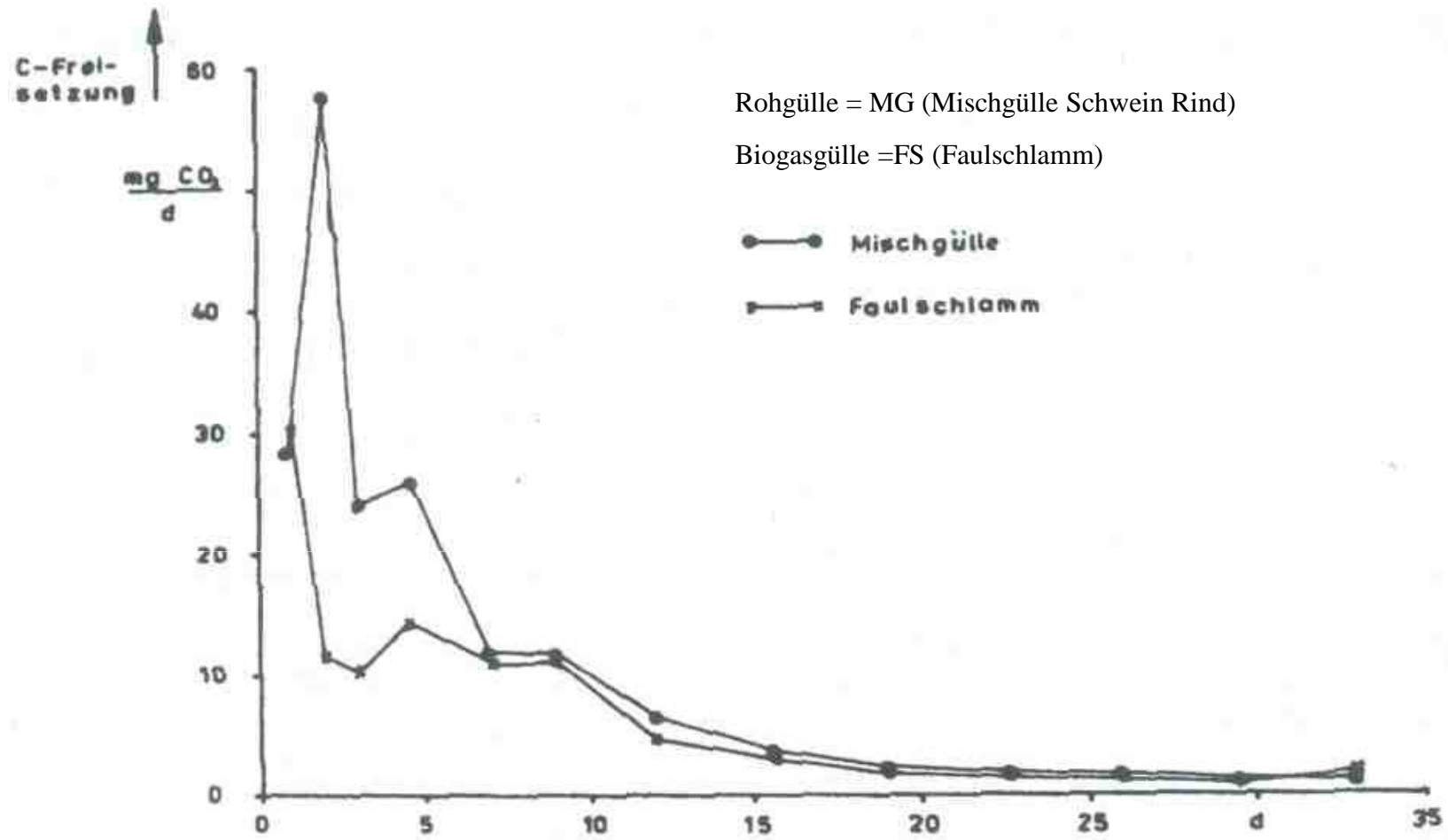
	SM	RG	BG	BG+BE	BG+BF
Humussaldo FF	0	0	0	0	0
Beitrag Gründung	131	373	379	0	0
Beitrag Wirtschaftsdünger	429	294	302	554	743
Saldo FF	560	667	681	554	743
Relativ zu RG (%)	84	100	102	83	111
Versorgungsgrad (%)	338	384	390	336	416

Kohlenstoffabbau durch Biogas

(nach Reinhold et al., 1991)

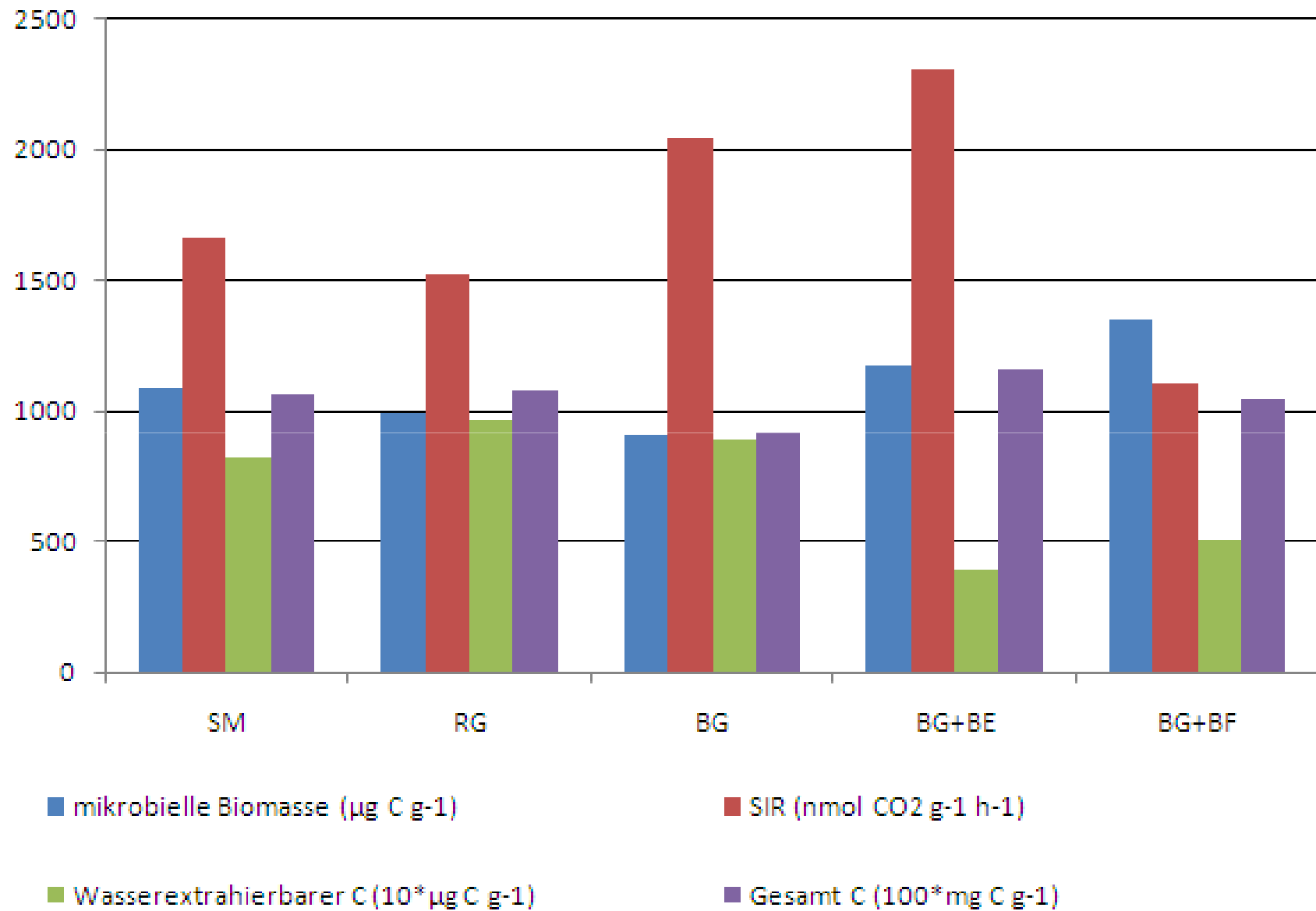


Im Boden zur Reproduktion der Bodenfruchtbarkeit verbleibender Kohlenstoff



Tägliche Kohlenstofffreisetzung bei der Bebrütung von Mischgülle- und Faulschlamm

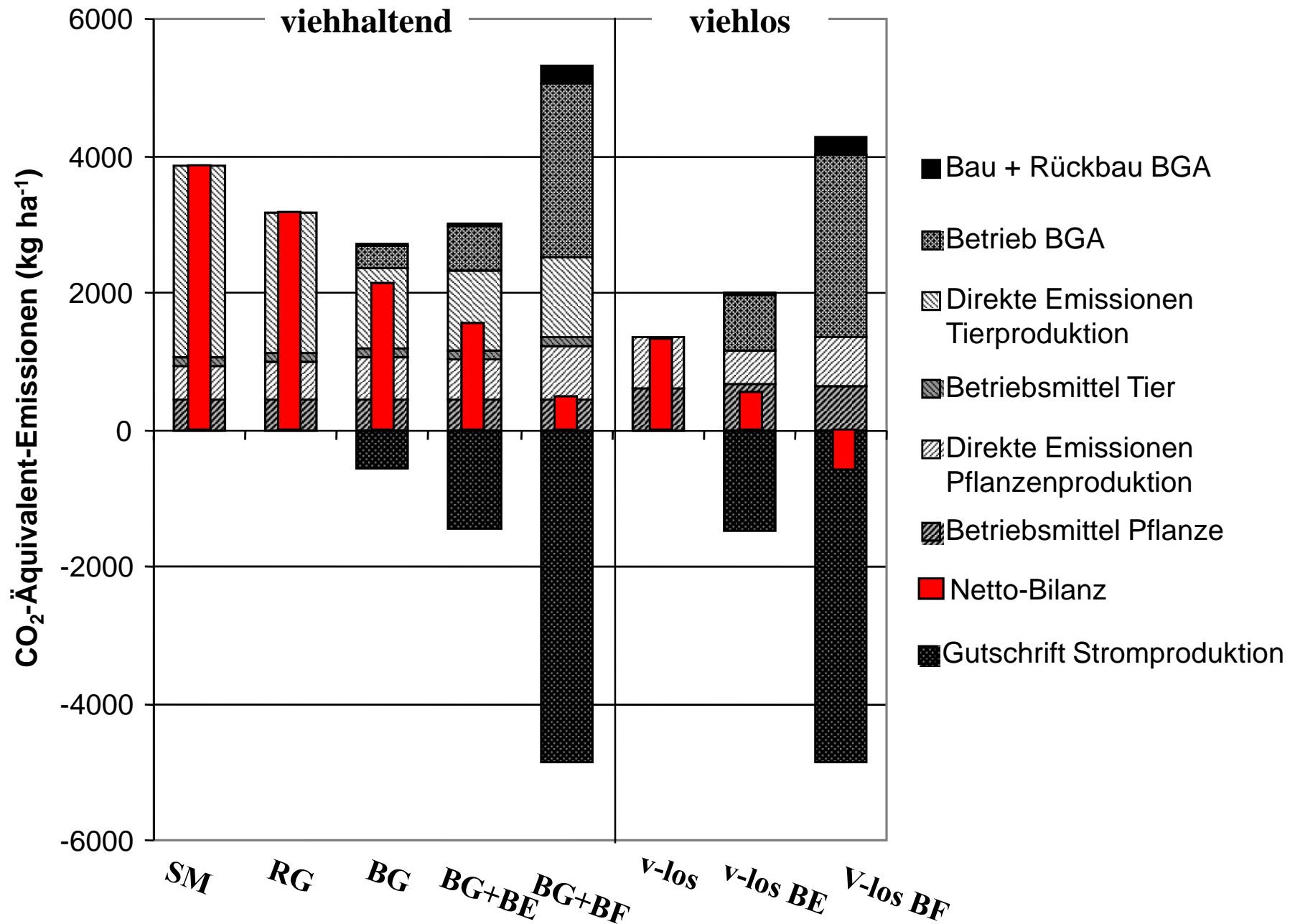
Auswirkungen der verschiedenen Düngungssysteme auf mikrobielle Biomasse, Bodenveratmung, wasserextrahierbarer C und Gesamt-C-Gehalt im Boden



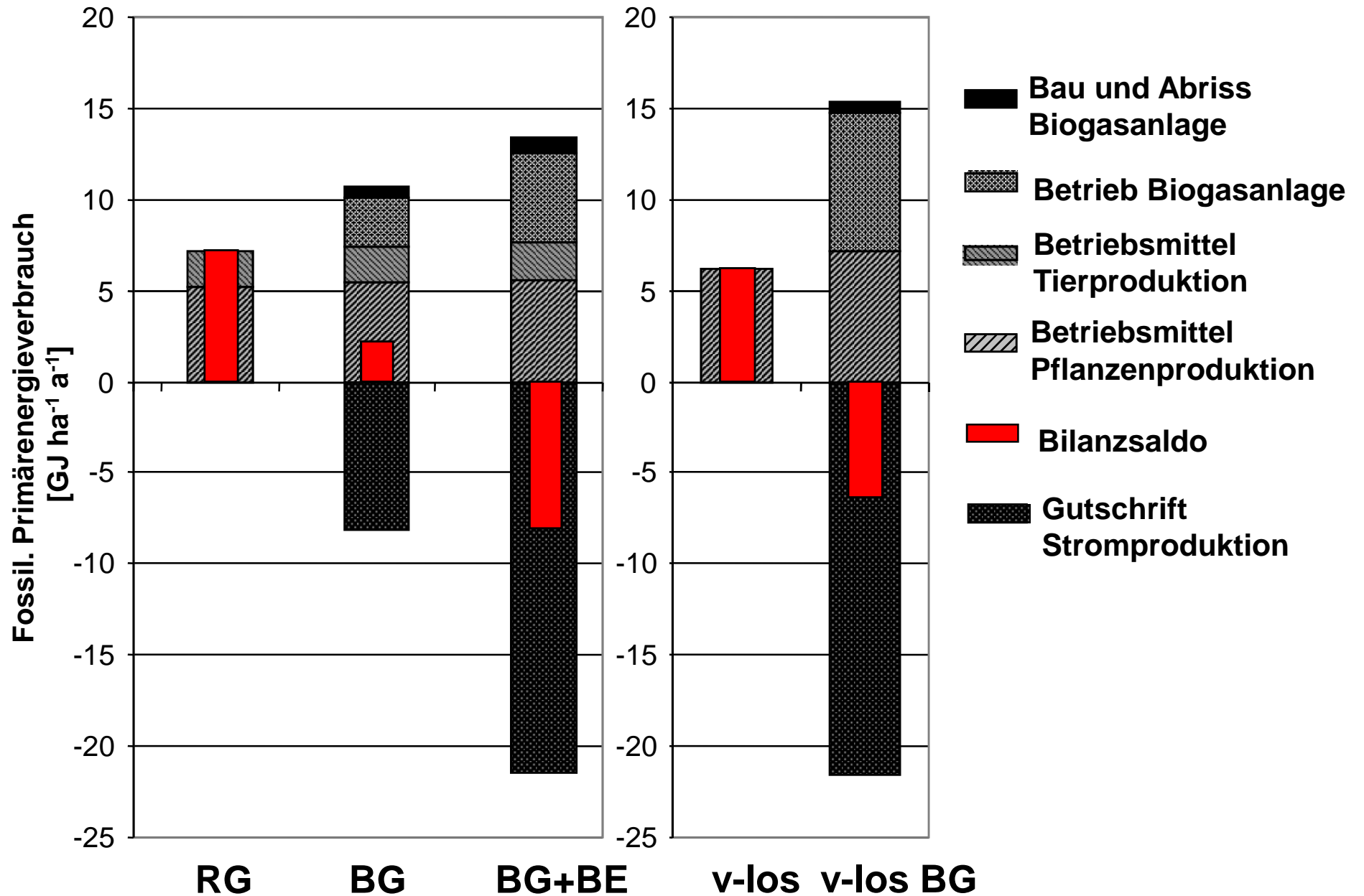
Fazit: Versorgung mit oTS und Humushaushalt viehhaltend

- **Vergleich Stallmist vs. Gülle:**
 - Güllesystem höher (Strohdüngung, geringerer C-Transfer AL→GL)
- **Auswirkungen Vergärung:**
 - Bei Güllevergärung gering → geringer Anteil wird überhaupt vergoren
 - nur bei Kofermentation stark
- **Aber:**
 - Humussalden **extrem stark** positiv in allen Varianten
 - **Ausgleich** durch höhere Humifizierungskoeffizienten, höhere Erträge

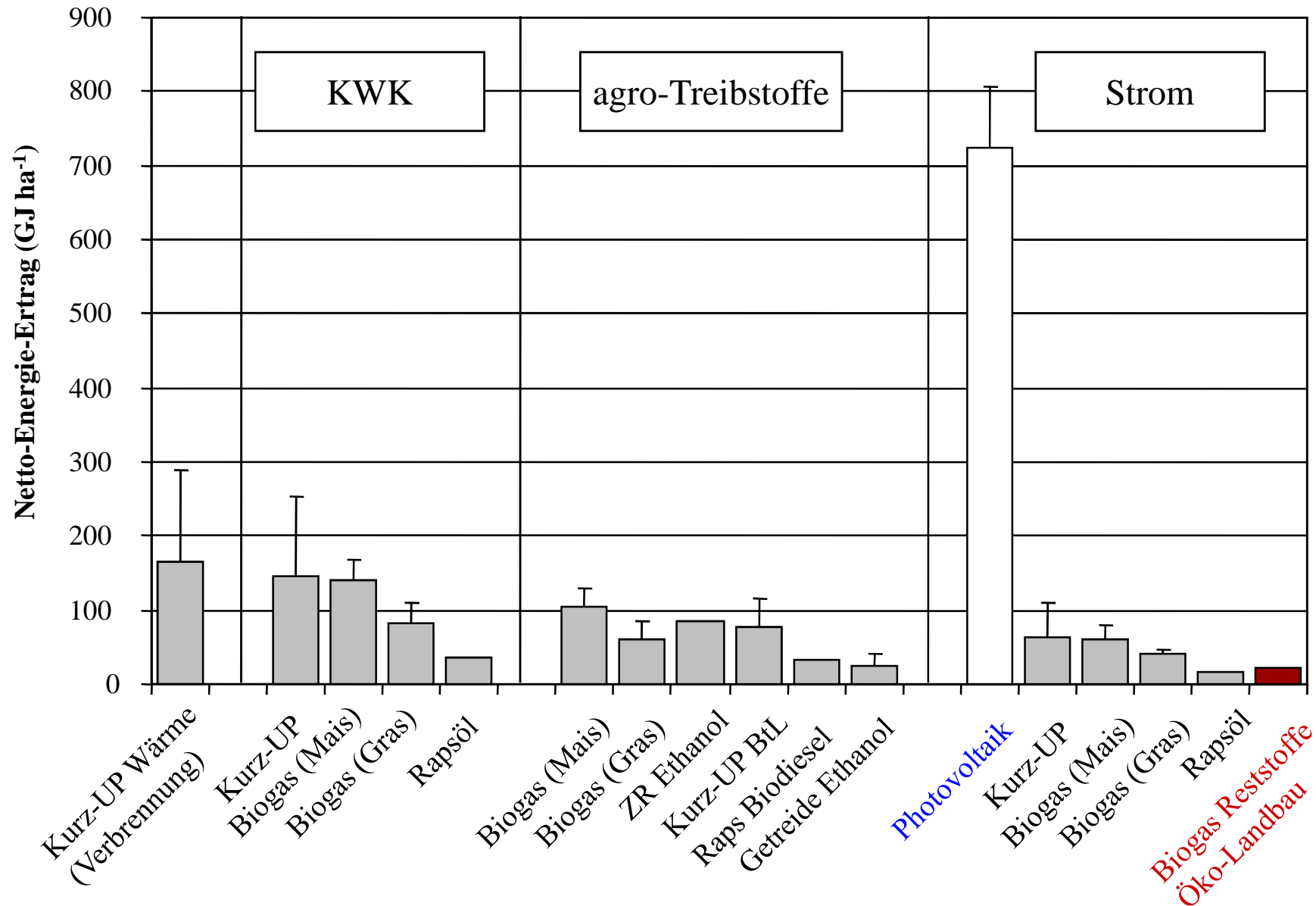
Klimagasbilanz (Michel et al. 2010)



Energiebilanz (Michel et al. 2010)



Nettoenergieerträge aus regenerativen Energien (GJ ha⁻¹)



Bei Photovoltaik: 15%iger Eigenverbrauch für Herstellung und Bereitstellung der Module

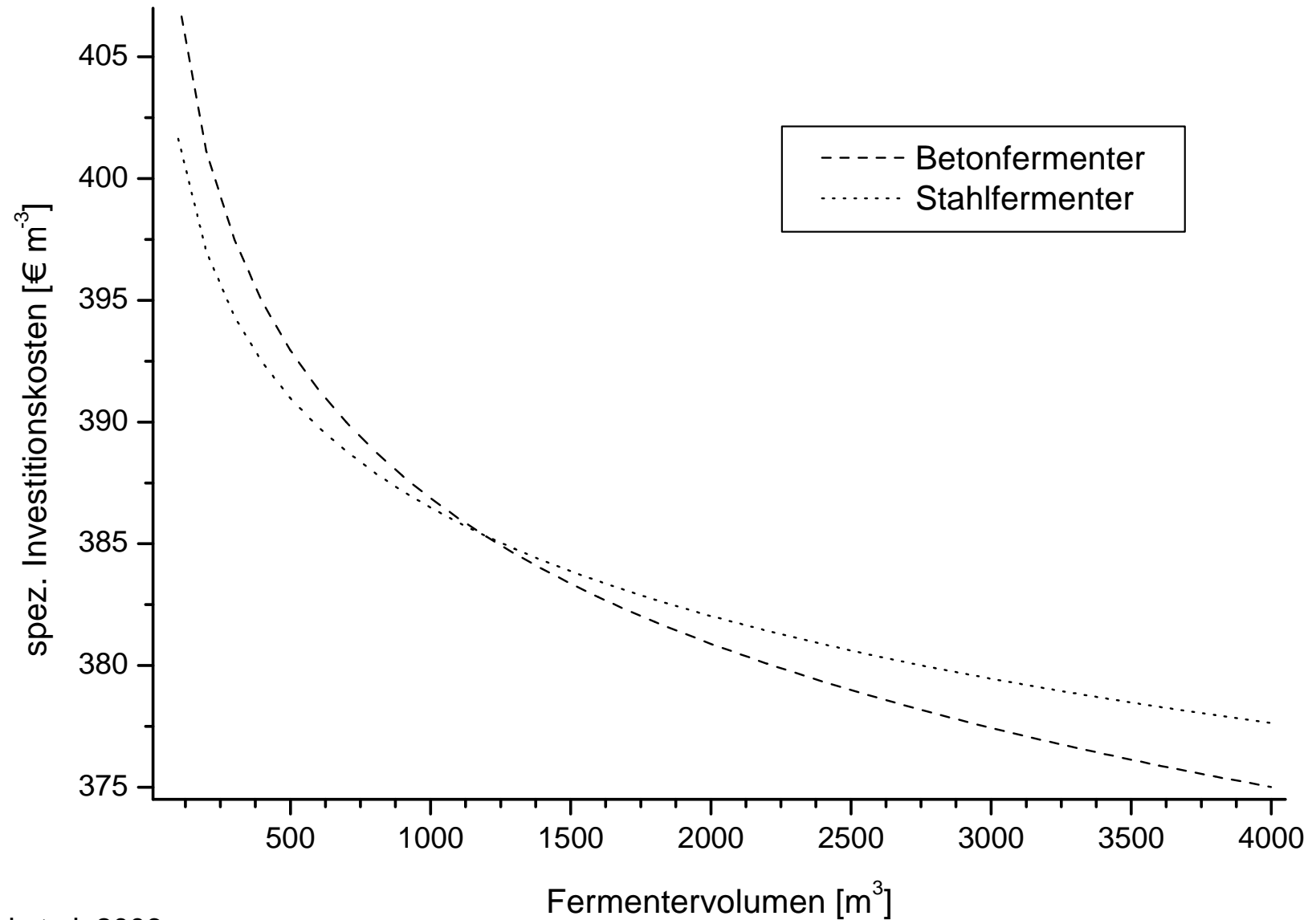
Ergänzt nach Koch et al. 2007

Wirtschaftlichkeit

Wirtschaftlichkeit verschiedener Biogaskonzepte (EEG 2009)

	Erzeugungsstrategie		
	Reststoff- verwerter	Öko-Energie- Erzeuger	Konv. Subs- tratzukäufer
Leistung (kW _{el})	75	115	135
Investitionskosten (€/kW _{el})	4.749	4.337	3.780
Laufende Kosten (€/kW _{el})	1.251	1.736	1.240
Substratkosten (€/kW _{el})	247	672	395
Stromerlöse (€/kW _{el})	1.495	1.638	1.365
Wärmeerlöse (€/kW _{el})	177	236	195
Gewinn (€/kW _{el})	421	139	320
Gesamtkapitalrentabilität (%)	8,2	3,1	7,5
Quelle: Anspach und Möller (2010)			

Spezifische Investitionskosten



Biogasnutzung betriebseigener Substrate

Kosten und Erlöse (EEG 2004)

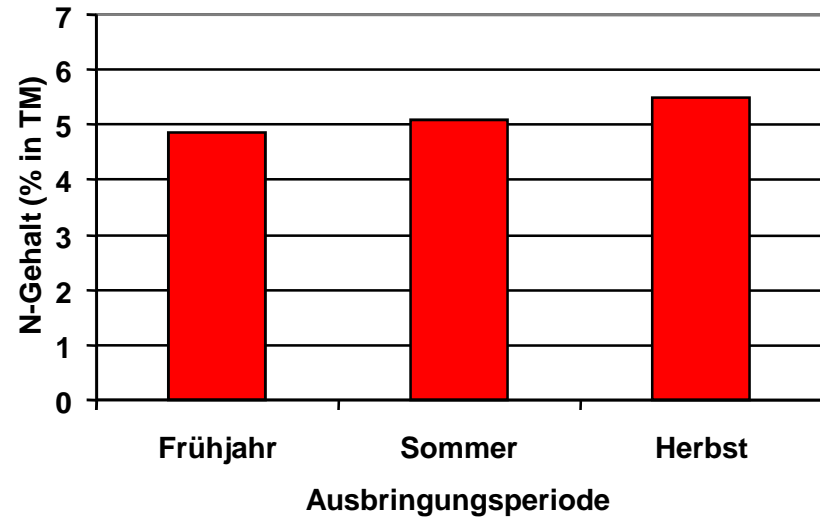
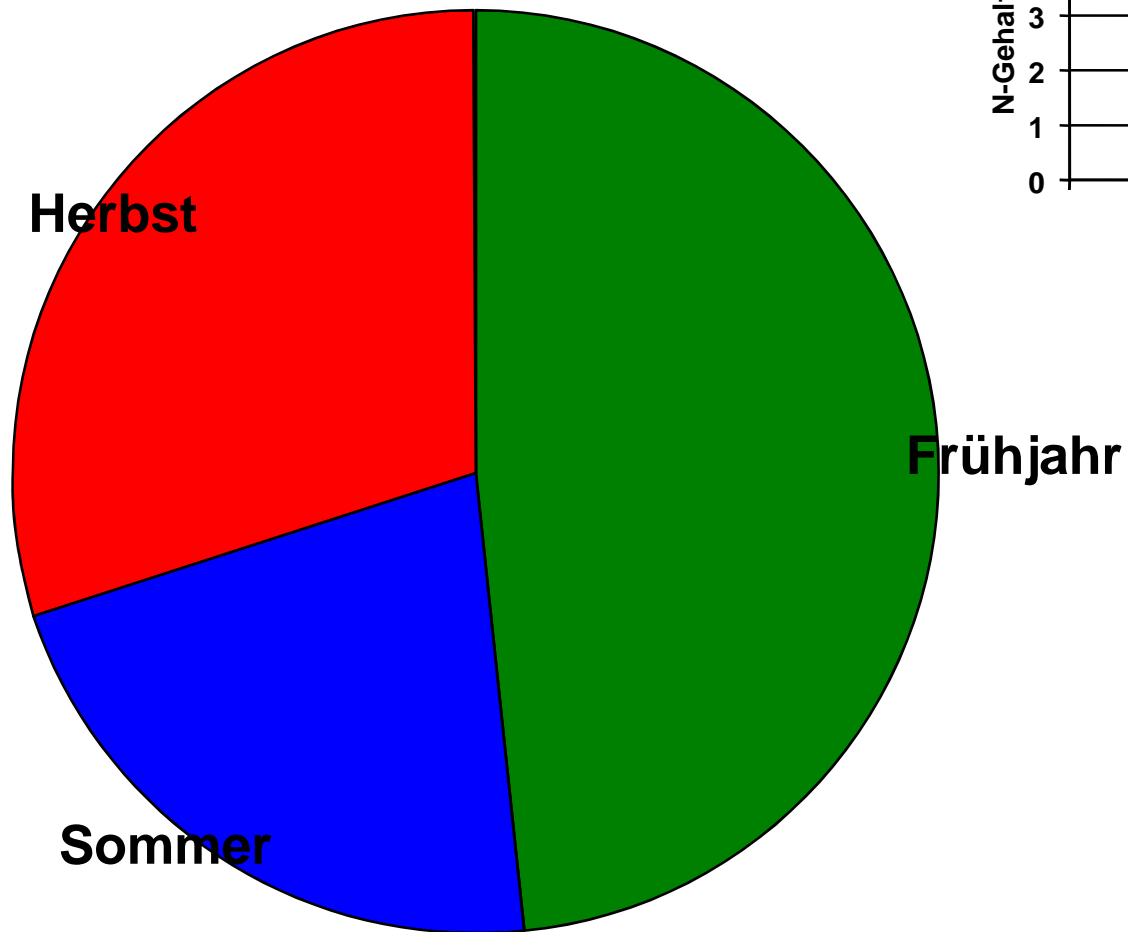
		MB1			MB4
		BG	BG+BE		BG+BE
Kosten BGA	<i>[€ a⁻¹]</i>	58.000	97.500		110.800
Erlöse durch Stromproduktion	<i>[€ a⁻¹]</i>	29.600	77.500		78.300
Mehrkosten Pflanzenproduktion	<i>[€ a⁻¹]</i>	3.300	15.000		39.300
Mehrerlöse Pflanzenproduktion	<i>[€ a⁻¹]</i>	2.700	9.100		12.800
Gewinn	<i>[€ a⁻¹]</i>	-29.000	-25.900		-59.000

Fazit: Wirtschaftlichkeit

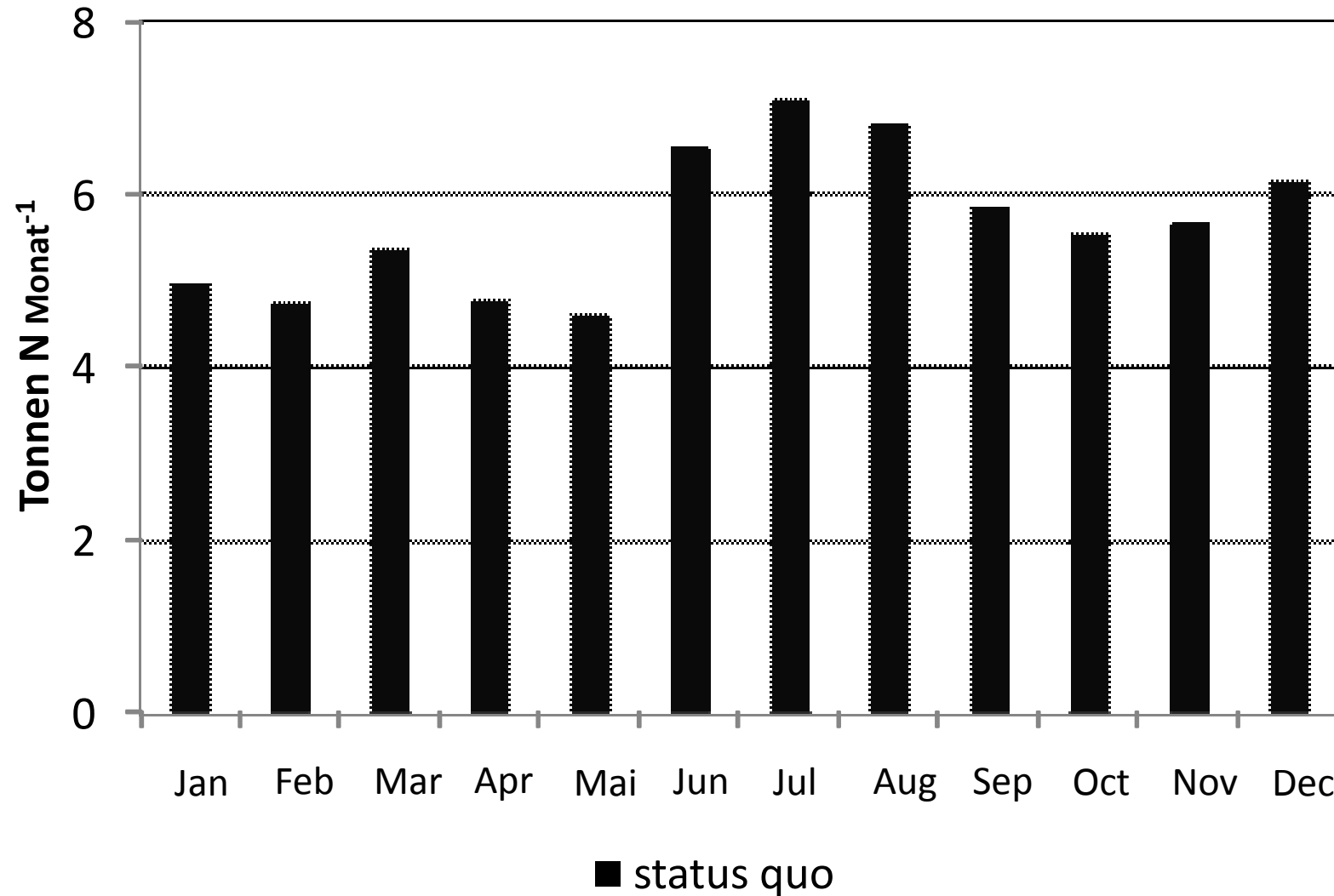
- Nach den derzeitigen Bedingungen ist die Reststoffverwertung sowie die Biogaserzeugung aus zugekauften konv. Substraten am wirtschaftlichsten
- Die Erzeugung von Öko-Energiepflanzen zur Vergärung ist wirtschaftlich nicht sinnvoll
- Die Wirtschaftlichkeit von BGA´s im ÖLB stark abhängig von den betriebsspezifischen Voraussetzungen
- Maßgeblich sind:
 - vorhandene Infrastruktur, Investitionskosten ($< 4000 \text{ €/kW}_{el}$)
 - vorhandener Substratmix,
 - Wärmenutzungsmöglichkeiten

Optimierung des Gärsubstratmanagements

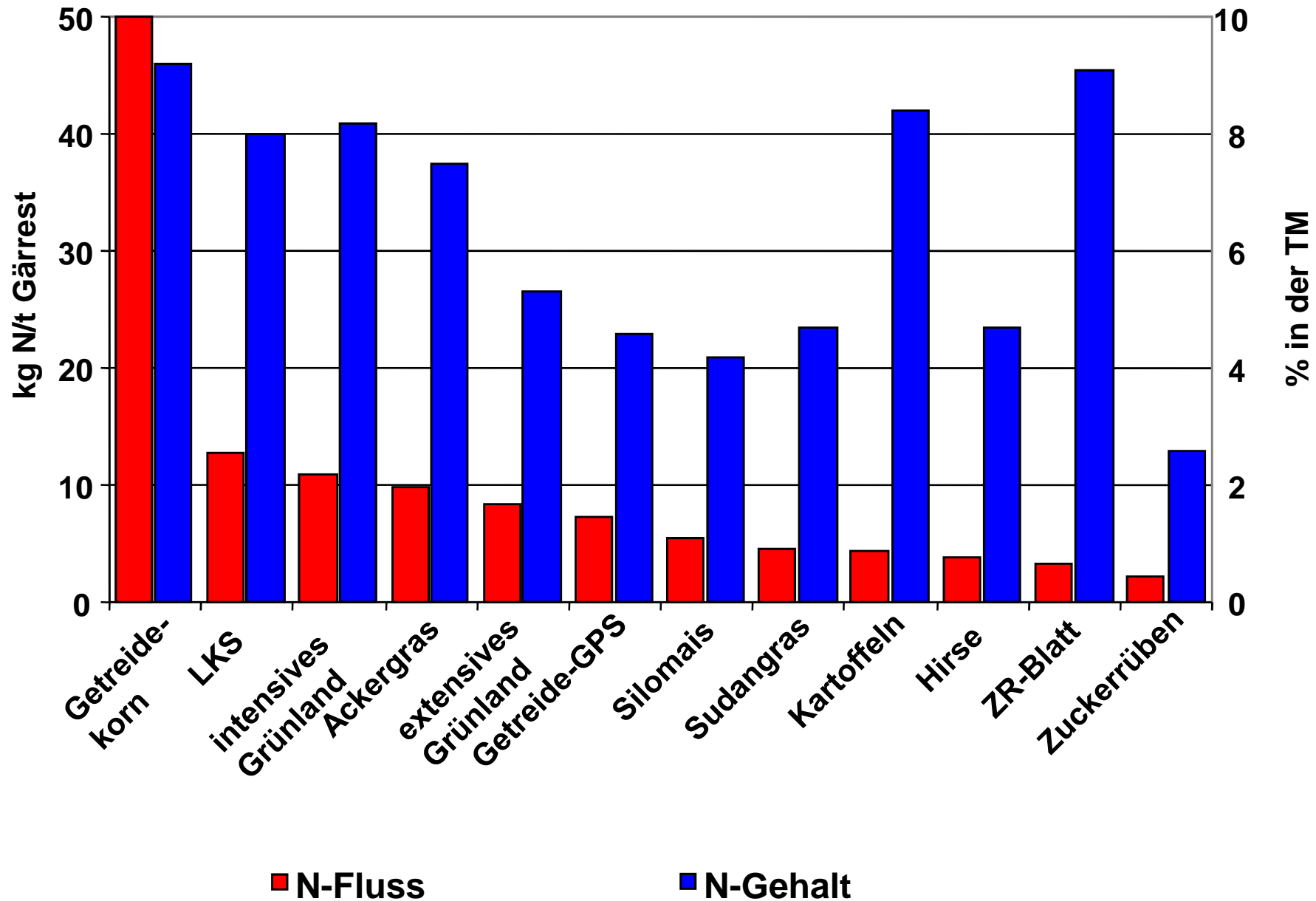
Derzeitiger N-Fluss Gärreste nach Ausbringungszeitpunkten



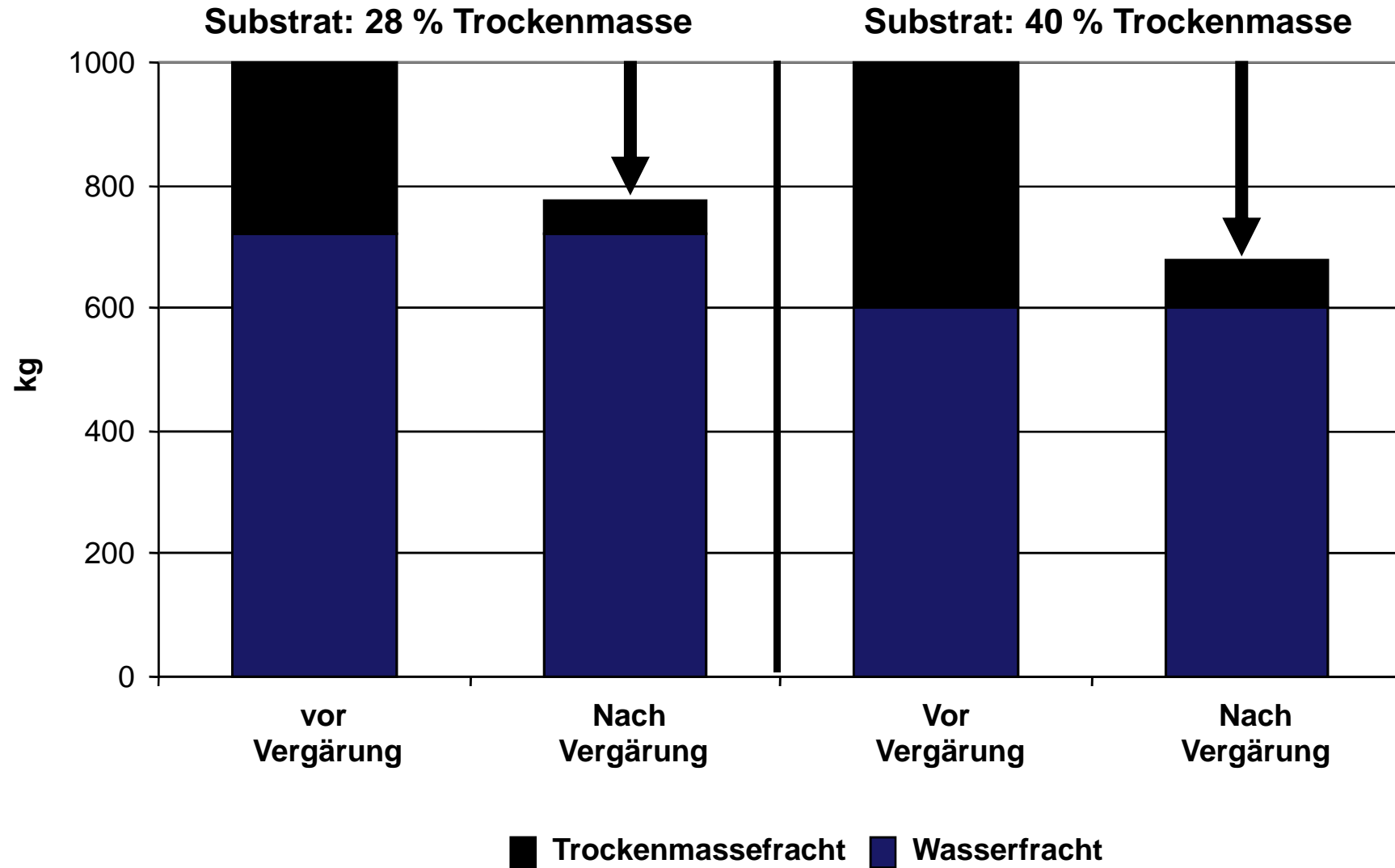
Monatliche N-Inputs in die Biogasanlage SAD I (MW 2007-2008)



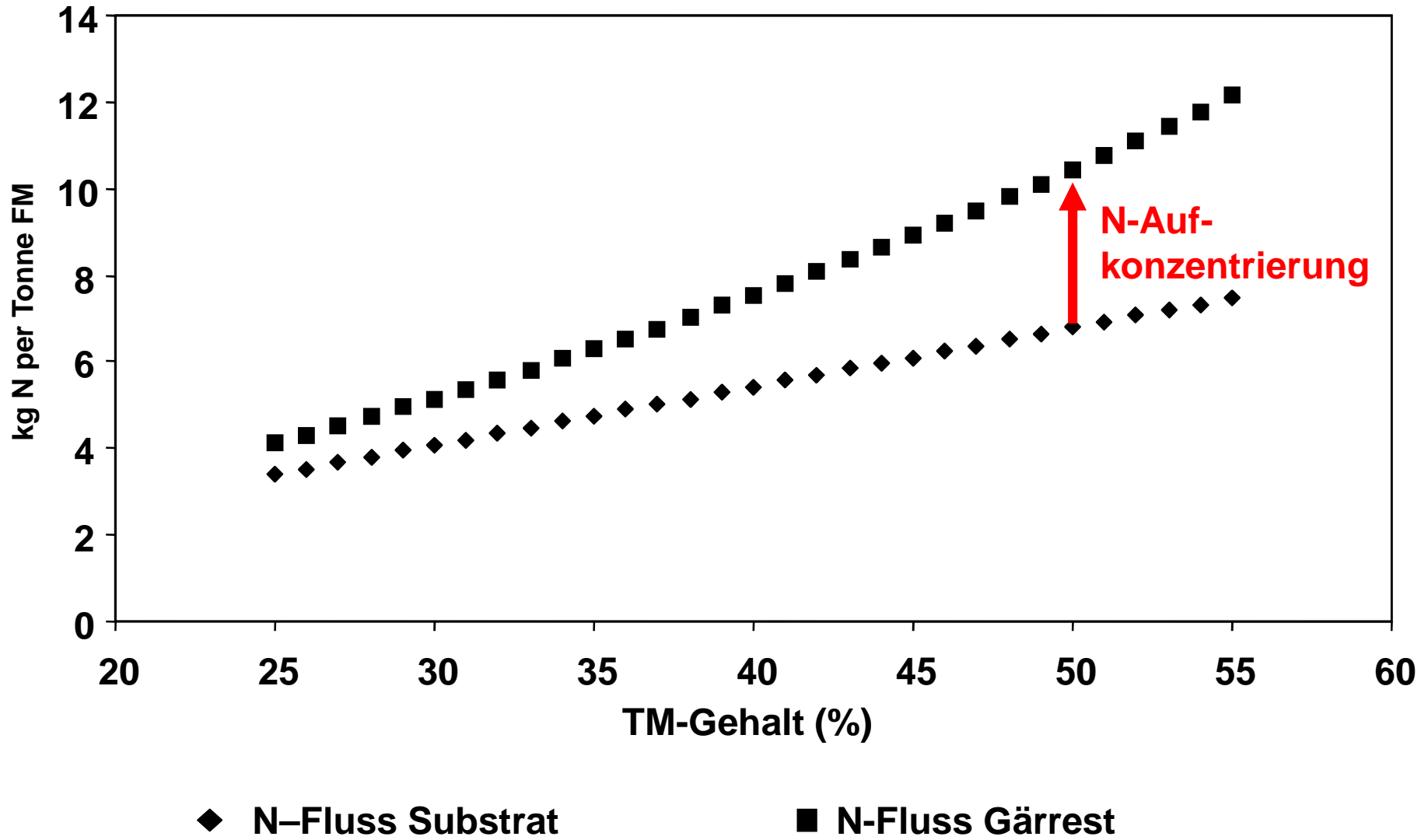
Einfluss der Gär-Substratart auf N-Flüsse (kg/t FM) und N-Konzentration (% in der TM) im Gärrest



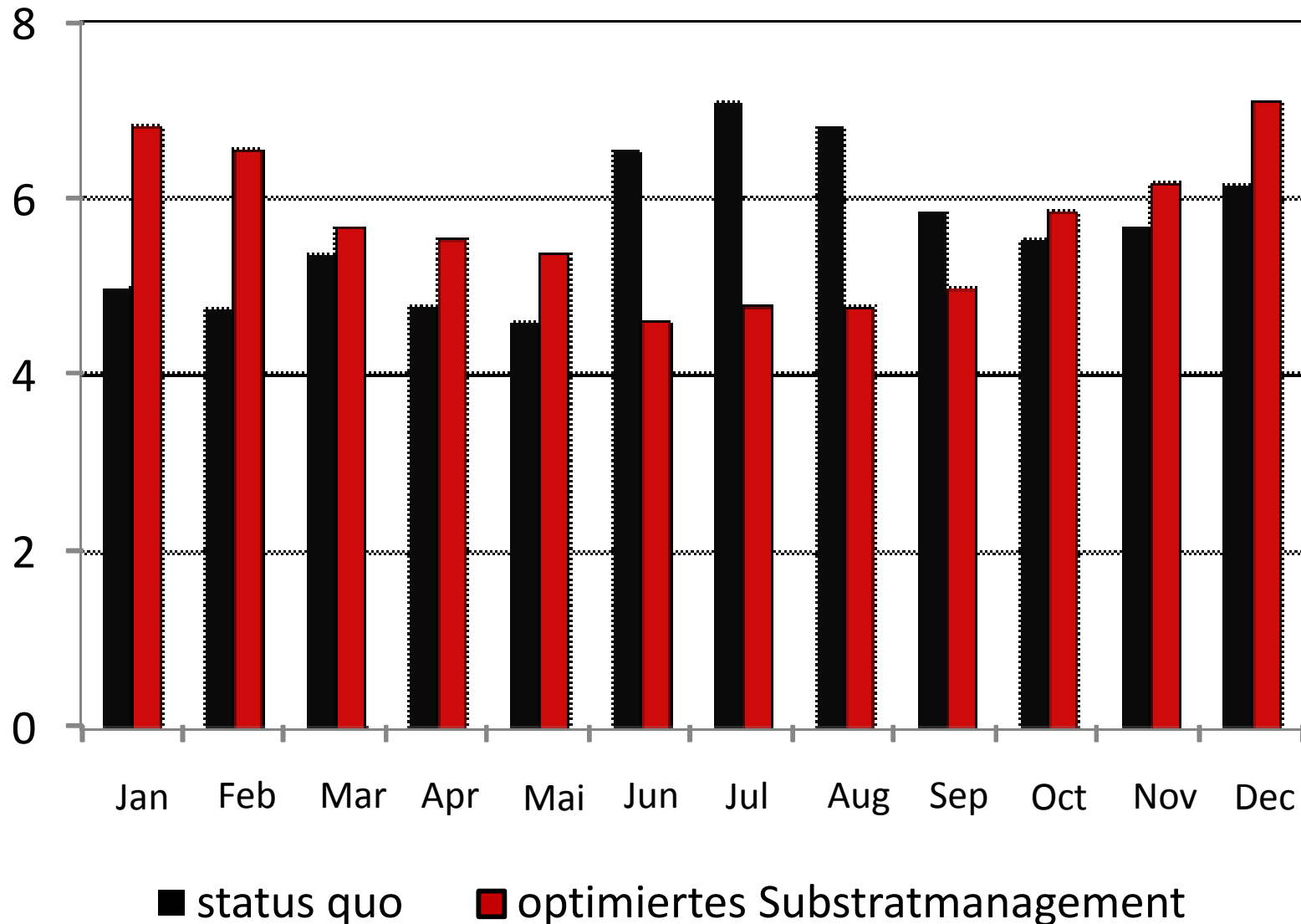
Einfluss TM-Gehalt auf die Wasserfracht und auf den Volumenabbau



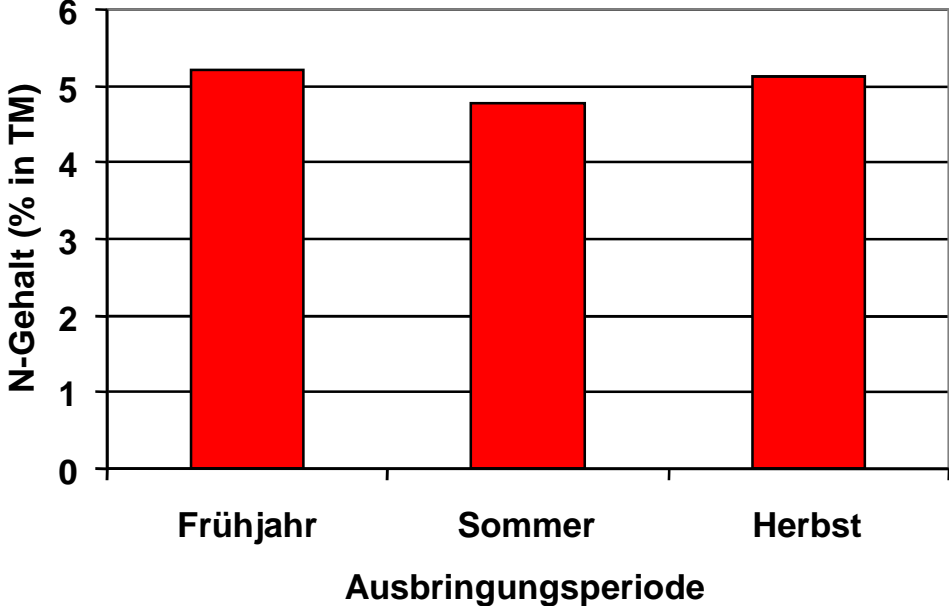
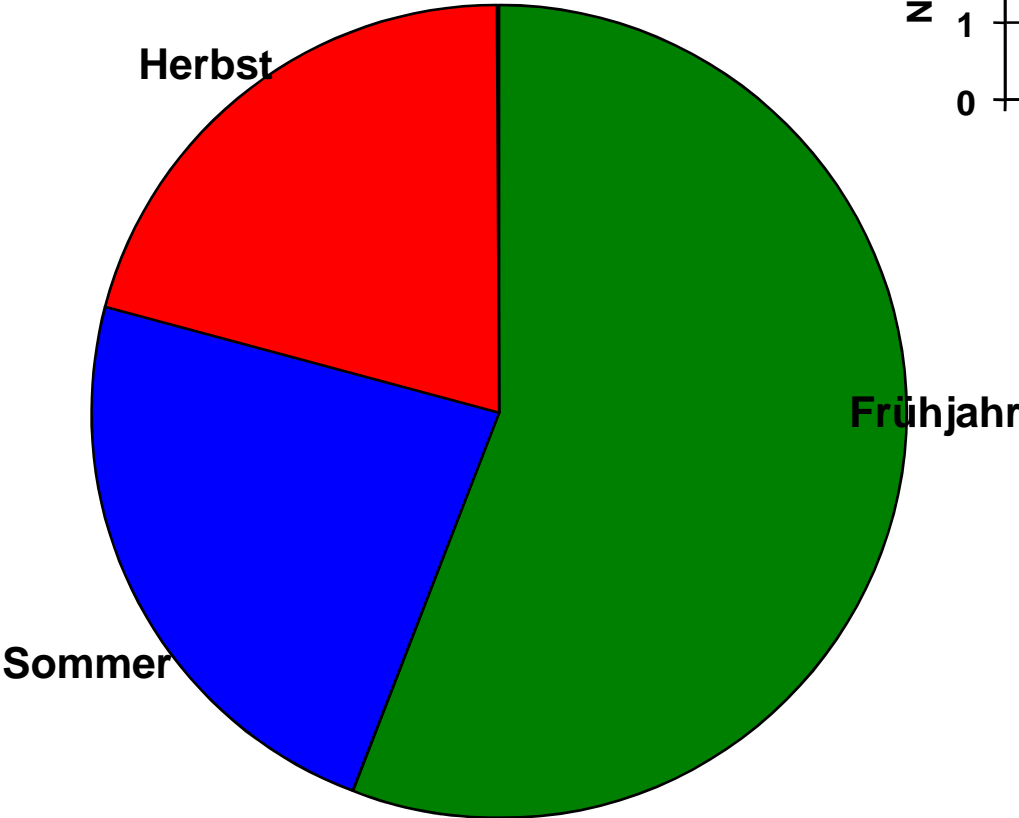
Einfluss des TM-Gehaltes von Silomais auf die N-Konzentration im Substrat und im Gärrest (kg N/m³)



Gegenüberstellung der derzeitigen monatlichen N-Inputs in die Biogasanlage SAD I (MW 2007-2008) und einer einfachen Optimierung



Optimierter N-Fluss Gärreste nach Ausbringungszeitpunkten nach einer einfachen Optimierung



Gesamtfazit Chancen

- Vergärungssysteme bieten ein zusätzliches Werkzeug zur gezielteren Steuerung der Nährstoffflüsse im ÖLB
- Die gezieltere N-Verteilung innerhalb der Fruchtfolge ermöglicht z.T. erhebliche Ertragssteigerungen
- Zugleich kann eine erhebliche Reduzierung der Gefahr von N-Verlusten und eine Verbesserung der Klimabilanz erreicht werden
- Die produktiven C-Verluste durch eine Vergärung sind geringer als die unproduktiven C-Verluste während der (Stallmist)Rotte
- Unvergorene, leichtverfügbare C-Verbindungen aus der organischen Düngung werden sehr rasch im Boden unter Bildung großer Mengen CO₂ und N₂O abgebaut → kein Langfristeffekt auf Bodenumsetzungen messbar
- Wirtschaftlichkeit stark abhängig von den betriebsspezifischen Voraussetzungen abhängig

Herausforderungen für den ökologischen Landbau

- N der wichtigste ertragslimitierende Faktor → Erhöhung der N-Effizienz von zentraler Bedeutung
 - Verringerung der N-Verluste
 - Erhöhung der N-Effizienz der organischen Düngung
 - Optimierung des Gärsubstratmanagements
 - Weitere Aufbereitungsschritte, z.B. Fest-Flüssig-Trennung
- Integration von Lebensmittelerzeugung und Energieerzeugung
- Wirtschaftliche Biogaskonzepte

Herzlichen Dank !!!