



Biogas-Anlagen

12 Datenblätter

IMPRESSUM

Herausgeber:

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
Hofplatz 1
18276 Gülzow
Tel.: 0 38 43 / 69 30 199
www.bio-energie.de
www.fnr.de



Mit finanzieller Unterstützung des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft

Mit der Erhebung der Daten wurde die Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) im Rahmen des Projektes „Wissenschaftliches Messprogramm zur Bewertung von Biogasanlagen im landwirtschaftlichen Bereich“ beauftragt.

P. Weiland, C. Rieger, T. Ehrmann
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Tel.: 05 31 / 59 6-0
www.fal.de



Unter Mitarbeit von:

D. Helffrich, Landesanstalt für Landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen,
Universität Hohenheim, Hohenheim
R. Kissel, Institut für Landtechnik; Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising
F. Melcher, Institut für Agrartechnik Bornim e. V., Abteilung für Bioverfahrenstechnik, Potsdam

Gestaltung und Realisierung:

WPR COMMUNICATION, Berlin/Königswinter

2004

INHALT

S. 4	Einleitung
S. 5	Standortkarte
S. 6	Anlage 1: Einstufiges mesophiles Verfahren
S. 8	Anlage 2: Zweistufiges mesophiles Verfahren mit liegendem Betonfermenter
S. 10	Anlage 3: Zweistufiges meso- bzw. thermophiles Verfahren mit liegendem Stahlfermenter
S. 12	Anlage 4: Mesophiles Verfahren mit zwei in Reihe geschalteten Fermentern
S. 14	Anlage 5: Zweistufiges mesophiles Verfahren mit paralleler Fetteinspeisung
S. 16	Anlage 6: Dreistufiges meso- bzw. thermophiles Verfahren mit chemischer Entschwefelung
S. 18	Anlage 7: Zweistufiges mesophiles Verfahren mit integrierter Hygienisierung
S. 20	Anlage 8: Dreistufiges thermophiles Verfahren mit möglicher Hygienisierung
S. 22	Anlage 9: Einstufiges mesophiles Verfahren mit externer biologischer Entschwefelung
S. 24	Anlage 10: Einstufiges mesophiles Verfahren mit drei Fermentern in Parallelschaltung
S. 26	Anlage 11: Einstufiges mesophiles Verfahren mit Rechteck-Fermenter
S. 28	Anlage 12: Dreistufiges mesophiles Verfahren mit zwei liegenden Fermentern
S. 30	Bioenergieberatung bei der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
S. 31	Weiterführende Informationen

EINLEITUNG

Die Gewinnung von Strom und Wärme aus Biogas zählt zu den interessantesten Optionen, die erneuerbare Energien heute zu bieten haben. Biogasanlagen ermöglichen die energetische Verwertung der verschiedenartigsten landwirtschaftlichen Roh- und Reststoffe und tragen über die Nutzung der Gärrückstände als organischer Dünger gleichzeitig zu einer ressourcenschonenden Kreislaufwirtschaft bei. Durch die Mitverarbeitung von Nebenprodukten und biogenen Abfällen aus der Ernährungsindustrie wird gleichzeitig die Kette zwischen landwirtschaftlicher Produktion und Verarbeitung geschlossen und das Energiepotenzial dieser Stoffe effizient genutzt.

Die vorliegende Broschüre hat zum Ziel, einen Überblick über die aktuell verwendeten Verfahren und Technologien der Biogaserzeugung zu geben. Dazu werden 12 Biogasanlagen vorgestellt, die im Rahmen des von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) geförderten bundesweiten Biogasmessprogramms untersucht wurden. Mit der wissenschaftlichen Durchführung ist die Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig beauftragt.

Die Biogasanlagen sind so ausgewählt, dass sie ein möglichst repräsentatives Spektrum unterschiedlicher Anlagengrößen, Verfahrenstechniken und Substratzusammensetzungen abdecken. Die dargestellten Anlagen wurden überwiegend nach dem Jahr 2000 errichtet und spiegeln somit den neuesten Entwicklungsstand wider. Bei den einzelnen Anlagenbauern handelt es sich nicht um eine favorisierte Auswahl.



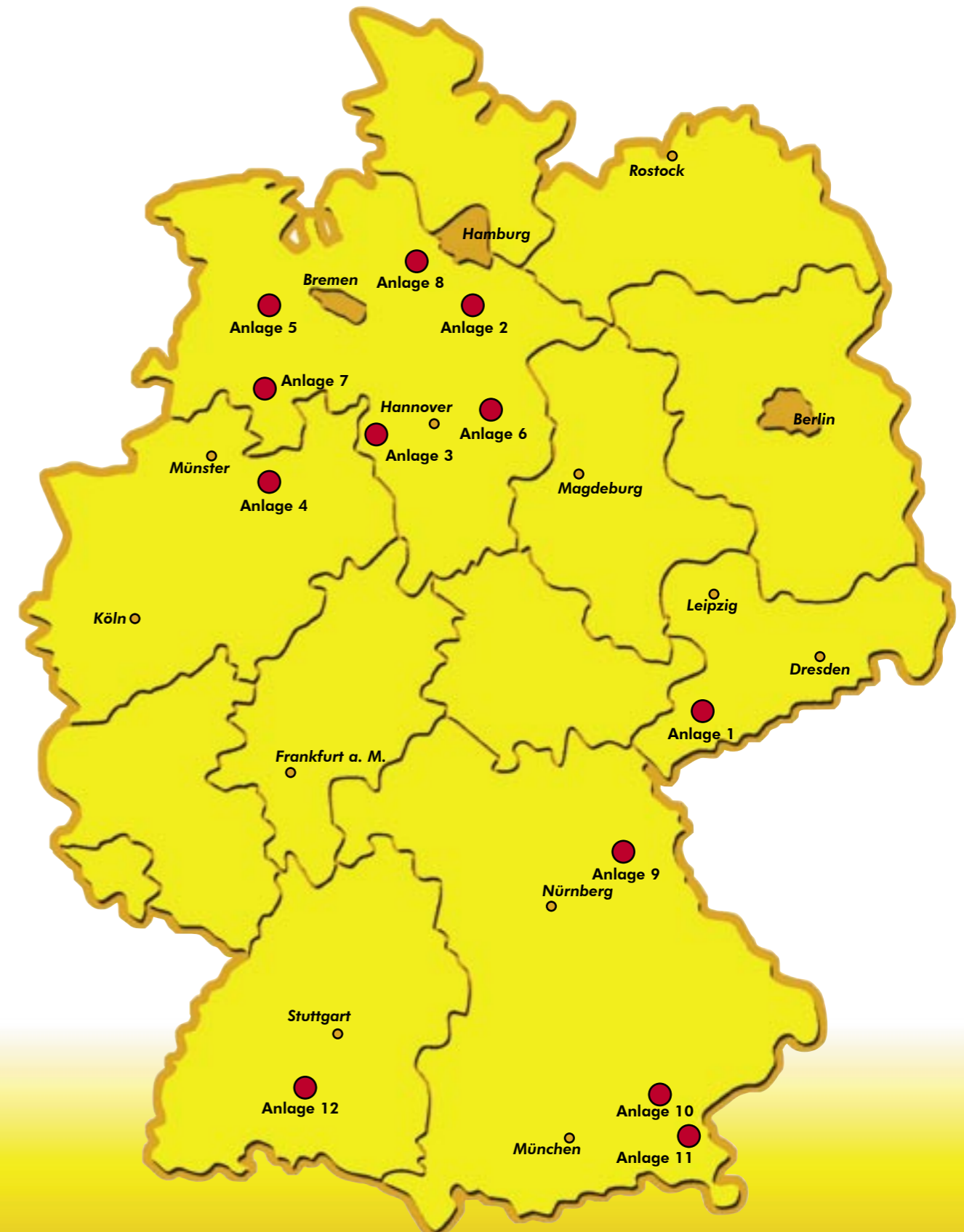
Jede Anlage wird durch ein Verfahrensfliessbild, eine kurze Anlagenbeschreibung und eine Datentabelle vorgestellt. Dies ermöglicht es, die verschiedenen technischen Lösungsansätze selbst einem Vergleich zu unterziehen und die Broschüre als Entscheidungshilfe für den Bau einer eigenen Biogasanlage zu nutzen.

Die in Tabellenform zusammengefassten Anlagen- und Betriebsdaten, in denen unter anderem der Substratumsatz und die Energieproduktion dargestellt werden, beruhen auf einer Langzeitanalyse von bis zu einem Jahr, so dass sie den durchschnittlichen Betrieb der jeweiligen Biogasanlage repräsentieren. Die Daten zeigen, dass moderne Biogasanlagen vorzugsweise mit Kofermentation betrieben werden. Neben Gülle als Grundsubstrat werden zunehmend nachwachsende Rohstoffe als Kosubstrate eingesetzt. Aber auch Anlagen, die große Anteile nicht hofeigener Substrate verwerten, spielen weiterhin eine wichtige Rolle.



Sofern ein besonderes Interesse an einem Erfahrungsaustausch mit einem der Betreiber der vorgestellten Anlagen besteht, ist die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) bemüht, für eine Kontaktaufnahme die Anschrift des Betreibers zu vermitteln.

STANDORTKARTE

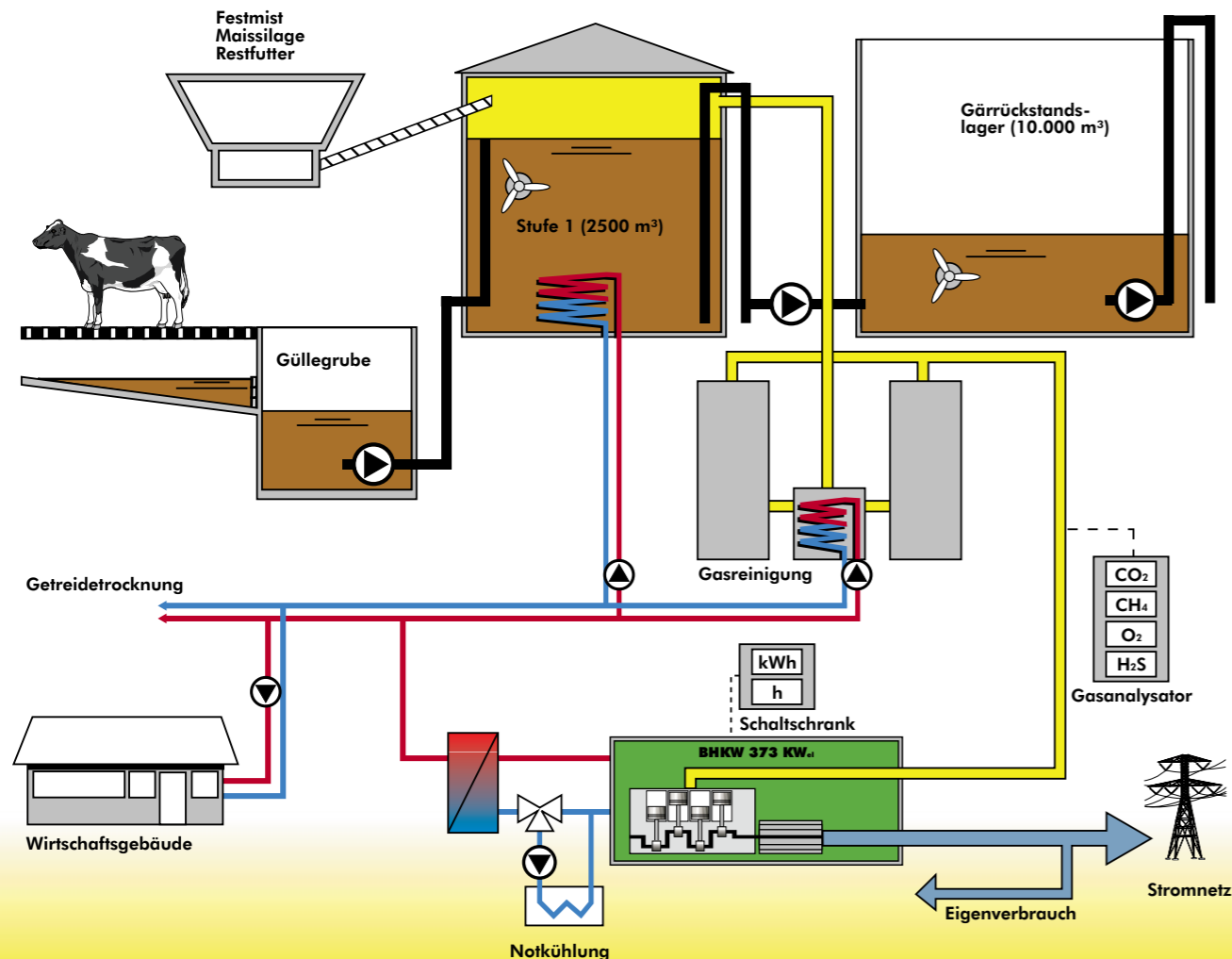


ANLAGE 1: Einstufiges mesophiles Verfahren

Bei dieser Biogasanlage handelt es sich um ein einstufiges mesophiles Nassvergärungsverfahren des Anlagenbauers Entec GmbH. Sie ist seit Dezember 2001 in Betrieb und besteht im Wesentlichen aus einer Güllegrube sowie einem Feststoffeintrag, einem stehenden Reaktor mit 2.500 m³ Nutzvolumen (Modell BIMA 2500), einem externen 500 m³-Gasspeicher und einem offenen, 10.000 m³ großen Endlager.

Täglich werden 110 m³ Substratmenge über einen Sammelschacht in den Reaktor gefördert. Das Substrat besteht zu ca. 95 % aus Rindergülle, zu 3 % aus Rindermist und zu 2 % aus Maissilage.

Das entstehende Biogas wird biologisch entschwefelt und kann in Notfällen über eine Gasfackel verbrannt werden. Der Strom, den das Gas-BHKW mit einer installierten elektrischen Leistung von 373 kW erzeugt, wird überwiegend ins Netz eingespeist. Die Wärmeenergie dient zum Betrieb des Fermenters und zur Heiz- bzw. Warmwasserbereitstellung für das Wirtschaftsgebäude.



Allgemeine Betriebsdaten:					
Tierbesatz:	1.150 Stk.	Rinder	GV:	1.150	Nutzfläche:
			GV/ha:	1,1	Ackerland:
					Grünland:
					Nachwachsende Rohstoffe:
					davon Stilllegungsfläche:
					850,0 ha
					200,0 ha
					128,0 ha
					0 %

Biogasanlage:					
		Anzahl Stufen:	1	Planer/Hersteller:	Entec GmbH
				TS	oTS
				NH ₄ -N	N _{ges}
mittl. Zusammensetzung der eingesetzten Substratmischung		[kg/t] bzw. [% FM]	6,6	5,3	3,6
				5,6	

Häufigkeit der Substratzugabe:		6 d ⁻¹		Betriebsführung: Reihe	
			Stufe 1		
Betriebstemperatur	[°C]		39		
Arbeitsvolumen	[m ³]		2.500		
Reaktorsystem (stehend/liegend)			s		
zugegebene Menge Frischsubstrat	[t/Woche]		801		
hydraulische Verweilzeit	[d]		20		
Raumbelastung	[kg oTS/m ³ d]		2,5		

Gärrückstandslager:					
Größe:		10.000 m ³	Abdeckung: keine		
			TS	oTS	NH ₄ -N
					N _{ges}
Zusammensetzung:		[kg/t] bzw. [% FM]	6,2	4,6	2,0
					3,8

Gasproduktion:			
Prod. Biogasmenge (0° C; 1,013 bar):	17.830 m ³ /Woche	bzw.	2.547 m ³ /Tag
Produktivität:	1,02 m ³ Biogas/(m ³ d)		0,61 m ³ CH ₄ /(m ³ d)
Gasqualität vor BHKW:	58,5 Vol-% CH ₄	Vol-% O ₂	103 ppm H ₂ S

BHKW:		
Anzahl:		1 BHKW 1
Typ (Benzin/Zünd/Gas):	G	
Anzahl Zylinder:	12	
Hersteller:	Seva	
Motor:	Deutz	

Spezifischer Gesamtstromertrag: 49,1 kWh/t Substrat

BHKW 1			
Stromproduktion:			
el. Nennleistung:	[kW]	373	
Durchschn. Leistung:	[kW]	244	
Leistungsausnutzung:	[%]	65	
Auslastung:	[%]	65	
Stromertrag:	[kWh/Woche]	40.655	
el. Wirkungsgrad:	[%]	37,9	
Wärmeproduktion:			
Durchschn. Leistung:	[kW]	334	
Wärmeertrag:	[kWh/Woche]	55.435	
therm. Wirkungsgrad:	[%]	47,8	
Gesamtwirkungsgrad:	[%]	85,7	

Substrate	Massen-%
Rindergülle	95,1
Rinderfestmist	2,8
Silomais	2,1
Anzahl Substrate:	3

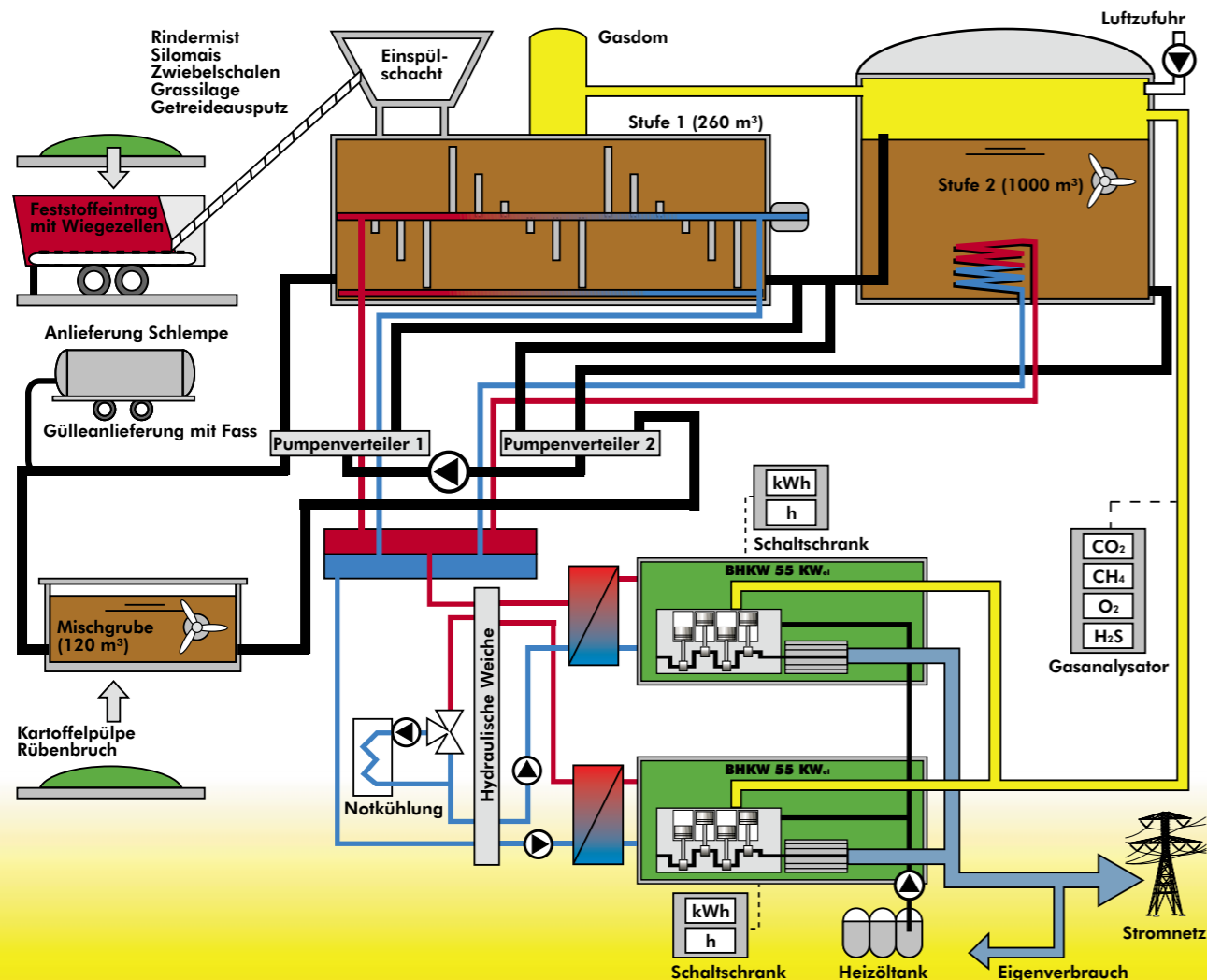
Energiebilanz:			
Gesamtstromverbrauch BGA:	0,8 kWh/t Substrat	Gesamtwärmeverbrauch BGA:	43,1 kWh/t Substrat
Gesamtstromverbrauch:	687 kWh/Woche	Gesamtwärmeverbrauch:	35.617 kWh/Woche
Anteil an Produktion:	1,7 %	Anteil an Produktion:	64,3 %

ANLAGE 2: Zweistufiges mesophiles Verfahren mit liegendem Betonfermenter

Das zweistufige mesophile Nassvergärungsverfahren des Anlagenbauers Schmack Biogas AG besteht aus einer 120 m³-Mischgrube, einem liegenden, 260 m³ großen Betonfermenter mit Feststoffeintrag (Schneckensystem) und einem stehenden, 1.000 m³ großen Nachgärer mit Gasspeicher. Der Gärückstand wird in ein 1.500 m³-Endlager transportiert, das entfernt von der Anlage steht.

Pro Tag werden insgesamt ca. 24 m³ Substrat in den Reaktor und den Nachgärer gefördert. Davon entfallen ca. 58 % auf Rindergülle, 34 % auf nachwachsende Rohstoffe oder deren Reststoffe und 8 % auf Festmist. Die Rindergülle wird aufgrund der Entfernung zur Hofstelle einmal pro Woche in einem Tankwagen zur Anlage befördert. Über eine Schnecke gelangen die festen Kosubstrate direkt in die erste Stufe. Aus der Mischgrube erfolgt die Einspeisung parallel in beide Stufen.

Durch Luftzufuhr in den Nachgärer wird das entstehende Biogas biologisch entschwefelt. Das Gas wird über zwei Zündstrahl-BHKW mit einer installierten elektrischen Leistung von jeweils 55 kW verbrannt. Die anfallende Wärme wird derzeit ausschließlich für die Prozessheizung genutzt. In näherer Zukunft ist geplant, sie ebenfalls für die Getreidetrocknung einzusetzen. Der Strom geht zum Großteil ins öffentliche Netz.



Allgemeine Betriebsdaten:					
Tierbesatz:	100 Stk. Milchkühe	GV:	230	Nutzfläche:	Ackerland: 80,0 ha
	100 Stk. Nachzucht	GV/ha:	1,5		Grünland: 70,0 ha
	100 Stk. Mastbullen				Nachwachsende Rohstoffe: 6,0 ha
					davon Stilllegungsfläche: 11 %

Biogasanlage:		Anzahl Stufen: 2		Planer/Hersteller: Schmack	
mittl. Zusammensetzung der eingesetzten Substratmischung	[kg/t] bzw. [% FM]	TS	oTS	NH ₄ -N	N _{ges}
		14,0	11,9	1,7	4,6

Häufigkeit der Substratzugabe:		2 d ⁻¹		Betriebsführung: Reihe	
		Stufe 1	Stufe 2	Gesamt	
Betriebstemperatur	[°C]	39	40		
Arbeitsvolumen	[m ³]	260	1.000	1.260	
Reaktorsystem (stehend/liegend)		l	s		
zugegebene Menge Frischsubstrat	[t/Woche]	61	107	168	
hydraulische Verweilzeit	[d]	35	50	85	
Raumbelastung	[kg oTS/m ³ d]	6,4	1,3		

Gärrückstandslager:					
Größe:	1.500 m ³	Abdeckung: keine			
		TS	oTS	NH ₄ -N	N _{ges}
Zusammensetzung:	[kg/t] bzw. [% FM]	5,1	3,6	2,5	4,2

Gasproduktion:			
Prod. Biogasmenge (0° C; 1,013 bar):	6.574 m ³ /Woche	bzw.	939 m ³ /Tag
Produktivität:	0,70 m ³ Biogas/(m ³ d)		0,42 m ³ CH ₄ /(m ³ d)
Gasqualität vor BHKW:	56,8 Vol-% CH ₄	0,2 Vol-% O ₂	189 ppm H ₂ S

BHKW:		Anzahl: 2		BHKW 1		BHKW 2	
Typ (Benzin/Zünd/Gas):		Z	Z				
Anzahl Zylinder:		4	4				
Hersteller:		Schnell	Schnell				
Motor:		Perkins	Perkins				
Zündölanteil [%]:		18,2	11,5				

Spezifischer Gesamtstromertrag: 93,0 kWh/t Substrat		BHKW 1		BHKW 2		Gesamt		Substrate		Massen-%	
Stromproduktion:											
el. Nennleistung:	[kW]	55	55	110				Rindergülle	57,8		
Durchschn. Leistung:	[kW]	55	55	110				Kartoffelschlempe	16,5		
Leistungsausnutzung:	[%]	100	100	100				Rinderfestmist	7,7		
Auslastung:	[%]	69	88	79				Silomais	5,8		
Stromertrag:	[kWh/Woche]	6.376	8.153	14.529				Grassilage	5,3		
el. Wirkungsgrad:	[%]	31,9	33,9	32,9				Zwiebelschalen	2,4		
								Kartoffelpülpel	2,1		
Wärmeproduktion:								Getreideausputz	2,0		
Durchschn. Leistung:	[kW]							Rübenbruch	0,4		
Wärmeertrag:	[kWh/Woche]										
therm. Wirkungsgrad:	[%]										
Gesamtwirkungsgrad:	[%]										
								Anzahl Substrate:	9		

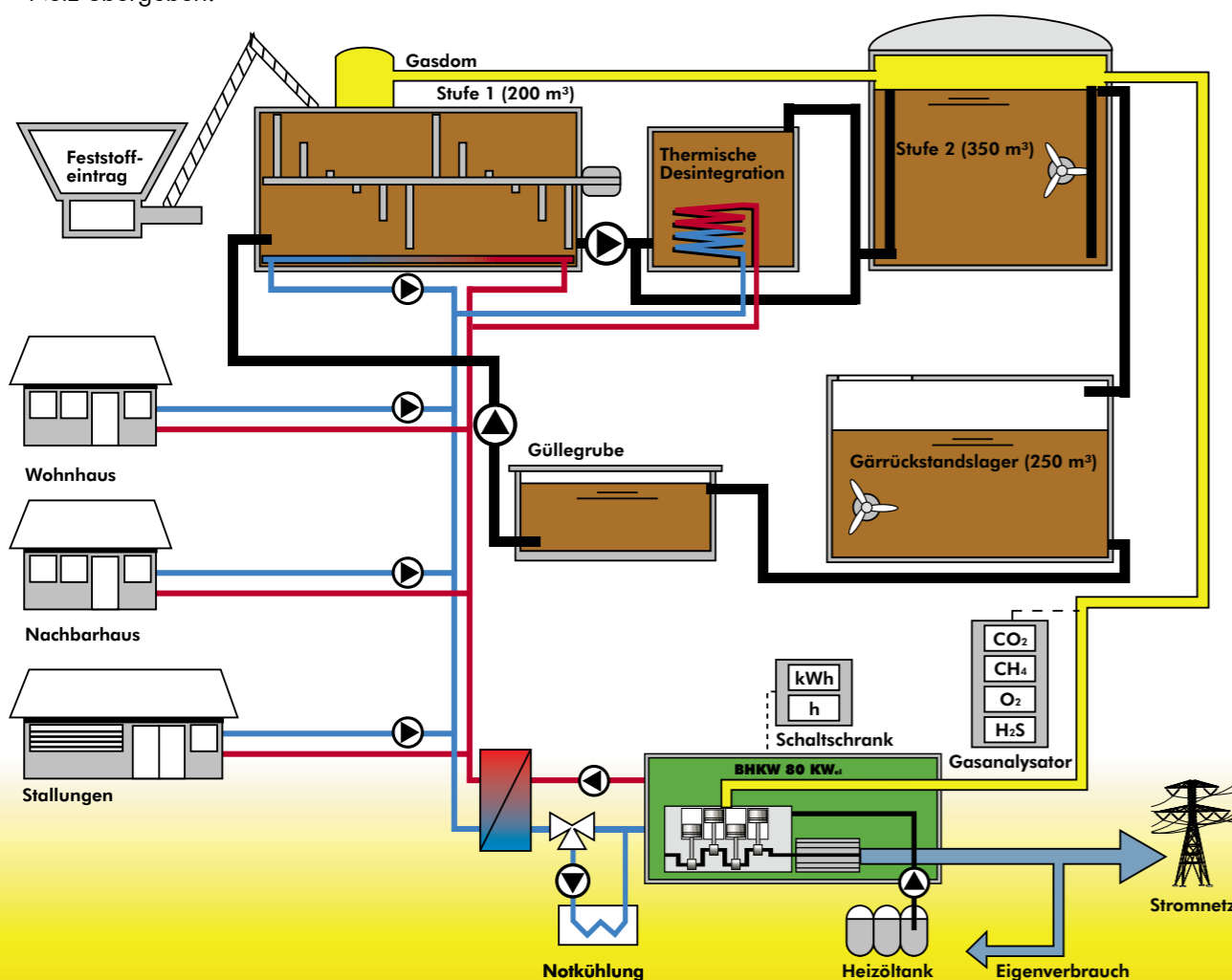
Energiebilanz:					
Gesamtstromverbrauch BGA:	9,1 kWh/t Substrat	Gesamtwärmeverbrauch BGA:	k.A.	kWh/t Substrat	
Gesamtstromverbrauch:	1.536 kWh/Woche	Gesamtwärmeverbrauch:	k.A.	kWh/Woche	
Anteil an Produktion:	10,6 %	Anteil an Produktion:	k.A.	%	

ANLAGE 3: Zweistufiges meso- bzw. thermophiles Verfahren mit liegendem Stahlfermenter

Bereits seit 2001 ist das zweistufige Nassvergärungsverfahren des Anlagenbauers Archea GmbH in Betrieb. Eine Güllegrube, ein liegender, 200 m³ großer Stahlfermenter (mesophil) mit Feststoffeintrag (Schneckensystem), ein stehender 350 m³-Nachgärer (thermophil) mit Gasspeicher und ein nicht gasdichtes, geschlossenes 250 m³-Endlager sind Bestandteile der Anlage.

Ca. 5 m³ Substrat werden täglich in den Reaktor gefördert, wovon 36 % auf Schweinegülle entfallen und der Rest auf nachwachsende Rohstoffe. Die Beschickung erfolgt teilweise aus einer Vorrube, in der die Gülle aus den Kanälen der Schweinehaltung gesammelt wird. Die festen Substrate gelangen über einen Schneckenförderer in den Prozess.

Durch Luftenblasung in den Nachgärer erfolgt die Entschwefelung des Biogases auf biologischem Weg. Die Temperaturerhöhung im Nachgärbehälter wird durch eine thermische Desintegration (ThermDes) erreicht. Hier wird der Output der ersten Stufe auf 70 °C erwärmt und in die zweite Stufe gefördert. Für die Gasnutzung steht ein Zündstrahl-BHKW mit einer installierten elektrischen Leistung von 80 kW zur Verfügung. Die bei der Gasverbrennung anfallende Wärme kommt zum einen dem internen Prozess zu Gute und zum anderen der Beheizung von Wohnhaus und Schweinestall. Der Strom, der nicht dem Eigenverbrauch dient, wird ans Netz übergeben.



Allgemeine Betriebsdaten:					
Tierbesatz:	70 Stk. Muttersauen	GV:	73	Nutzfläche:	Ackerland: 200,0 ha
	400 Stk. Mastschweine	GV/ha:	0,4		Grünland: 0,0 ha
					Nachwachsende Rohstoffe: 10,0 ha
					davon Stilllegungsfläche: 100 %

Biogasanlage:					
		Anzahl Stufen:	2	Planer/Hersteller: Archea	
mittl. Zusammensetzung der eingesetzten Substratmischung		[kg/t] bzw. [% FM]	TS: 18,3	oTS: 16,2	NH ₄ -N: 1,9
			N _{ges} : 5,0		

Häufigkeit der Substratzugabe:		Betriebsführung: Reihe			
		20 d ⁻¹			
			Stufe 1	Stufe 2	Gesamt
Betriebstemperatur	[°C]		49	27	
Arbeitsvolumen	[m³]		200	350	550
Reaktorsystem (stehend/liegend)			l	s	
zugegebene Menge Frischsubstrat	[t/Woche]		37		37
hydraulische Verweilzeit	[d]		30	60	90
Raumbelastung	[kg oTS/m³d]		4,7	0,9	

Gärrückstandslager:					
Größe: 250 m³		Abdeckung: nicht gasdicht			
			TS	oTS	NH ₄ -N
Zusammensetzung: [kg/t] bzw. [% FM]			6,7	4,8	3,2
			N _{ges} : 5,1		

Gasproduktion:			
Prod. Biogasmenge (0° C; 1,013 bar):	5.045 m³/Woche	bzw.	721 m³/Tag
Produktivität:	1,31 m³ Biogas/(m³d)		0,69 m³ CH ₄ /(m³d)
Gasqualität vor BHKW:	52,9 Vol-% CH ₄	1,3 Vol-% O ₂	244 ppm H ₂ S

BHKW:			
		Anzahl: 1	BHKW 1
Typ (Benzin/Zünd/Gas):	Z		
Anzahl Zylinder:	6		
Hersteller:	Schnell		
Motor:	Perkins		
Zündölanteil [%]:	9,1		

Spezifischer Gesamtstromertrag: 292,0 kWh/t Substrat

Stromproduktion:		BHKW 1		Substrate		Massen-%
el. Nennleistung:	[kW]	80		Silomais		42,4
Durchschn. Leistung:	[kW]	79		Schweinegülle		36,8
Leistungsausnutzung:	[%]	99		Extraktionsreste		20,7
Auslastung:	[%]	80		Anzahl Substrate: 3		
Stromertrag:	[kWh/Woche]	10.713				
el. Wirkungsgrad:	[%]	36,7				
Wärmeproduktion:						
Durchschn. Leistung:	[kW]	69				
Wärmeertrag:	[kWh/Woche]	9.252				
therm. Wirkungsgrad:	[%]	32,0				
Gesamtwirkungsgrad:	[%]	68,7				

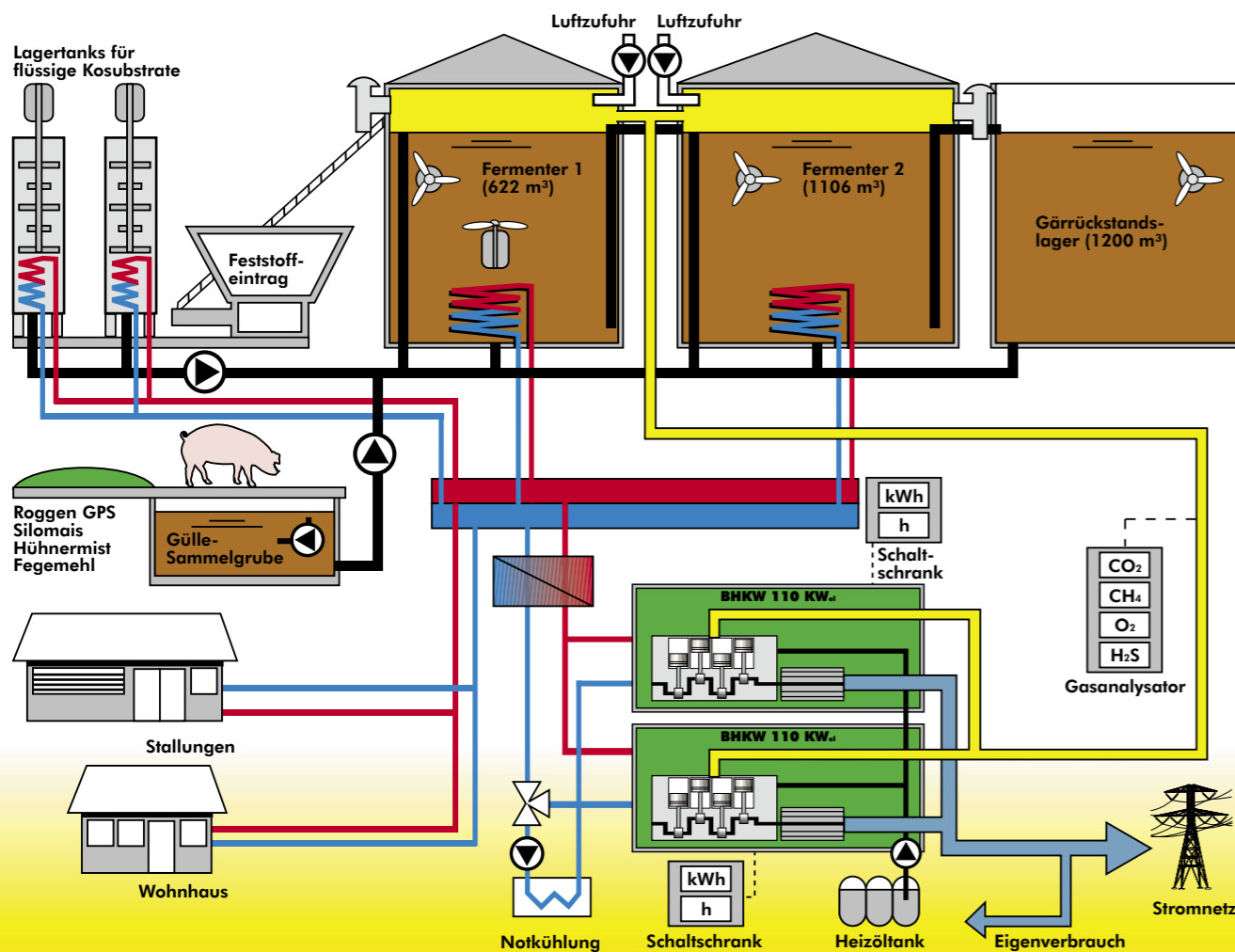
Energiebilanz:			
Gesamtstromverbrauch BGA:	34,3 kWh/t Substrat	Gesamtwärmeverbrauch BGA:	98,8 kWh/t Substrat
Gesamtstromverbrauch:	1.133 kWh/Woche	Gesamtwärmeverbrauch:	3.583 kWh/Woche
Anteil an Produktion:	10,6 %	Anteil an Produktion:	38,7 %

ANLAGE 4: Mesophiles Verfahren mit zwei in Reihe geschalteten Fermentern

Hier handelt es sich um ein zweistufiges mesophiles Nassvergärungsverfahren des Anlagenbauers Biogas Nord. Die Anlage setzt sich aus einer Güllegrube, zwei stehenden Edelstahltagertanks, einem stehenden, 622 m³ großen Betonfermenter mit Feststoffeintrag (Schneckensystem), einem stehenden 1.106 m³-Betonnachgärer mit Gasspeicher und einem offenen 1.200 m³-Endlager zusammen.

Die Substratmenge, die alle Stunde in den Reaktor gefördert wird, liegt bei insgesamt 9 m³. Mehr als die Hälfte entfällt dabei auf Kosubstrate, 37 % auf Schweinegülle und 7 % auf Hühnerfestmist. Die Flüssigkeiten gehen zwei Wege: Die Gülle läuft in eine Sammelgrube und wird von dort mit Hilfe einer Drehkolbenpumpe in die Fermenter befördert. Die flüssigen Kosubstrate aus den Edelstahltanks werden ebenfalls über eine solche Pumpe befördert. Alle Festsubstrate gelangen über einen Feststoffeintrag ausschließlich in die Stufe 1.

Auch bei dieser Anlage wird das entstehende Biogas durch Luftenblasung in den Reaktor und den Nachgärer biologisch entschwefelt. Über zwei Zündstrahl-BHKW mit einer installierten elektrischen Leistung von jeweils 110 kW wird das Gas verbrannt. Wie bei der überwiegenden Zahl aller Anlagen geht der Großteil des Stroms zu EEG-Konditionen ins öffentliche Netz.



Allgemeine Betriebsdaten:							
Tierbesatz:	1.200 Stk.	Mastschweine	GV:	168	Nutzfläche:	Ackerland:	80,0 ha
			GV/ha:	2,1		Grünland:	0,0 ha
						Nachwachsende Rohstoffe:	20,0 ha
						davon Stilllegungsfläche:	40 %

Biogasanlage:		Anzahl Stufen: 2		Planer/Hersteller: Biogas Nord	
mittl. Zusammensetzung der eingesetzten Substratmischung	[kg/t] bzw. [% FM]	TS	oTS	NH ₄ -N	N _{ges}
		26,0	23,0	3,2	7,7

Häufigkeit der Substratzugabe:		24 d ⁻¹		Betriebsführung: Reihe	
		Stufe 1	Stufe 2	Gesamt	
Betriebstemperatur	[°C]	42	40		
Arbeitsvolumen	[m ³]	622	1.106	1.728	
Reaktorsystem (stehend/liegend)	s				
zugegebene Menge Frischsubstrat	[t/Woche]	45	20	65	
hydraulische Verweilzeit	[d]	125	164	289	
Raumbelastung	[kg oTS/m ³ d]	2,7	0,7		

Gärrückstandslager:					
Größe:	1.200 m ³	Abdeckung: keine			
Zusammensetzung:	[kg/t] bzw. [% FM]	TS	oTS	NH ₄ -N	N _{ges}
		4,7	2,7	5,5	7,1

Gasproduktion:			
Prod. Biogasmenge (0° C; 1,013 bar):	13.297 m ³ /Woche	bzw.	1.900 m ³ /Tag
Produktivität:	1,10 m ³ Biogas/(m ³ d)		0,61 m ³ CH ₄ /(m ³ d)
Gasqualität vor BHKW:	55,7 Vol-% CH ₄	1,1 Vol-% O ₂	433 ppm H ₂ S

BHKW:		Anzahl: 2		BHKW 1		BHKW 2	
Typ (Benzin/Zünd/Gas):		Z		Z			
Anzahl Zylinder:		6		6			
Hersteller:		D&B		D&B			
Motor:		Deutz		Deutz			
Zündölanteil [%]:		11,5		10,0			

Spezifischer Gesamtstromertrag: 472,2 kWh/t Substrat

		BHKW 1		BHKW 2		Gesamt	
Stromproduktion:							
el. Nennleistung:	[kW]	110		110		220	
Durchschn. Leistung:	[kW]	101		107		208	
Leistungsausnutzung:	[%]	92		97		95	
Auslastung:	[%]	68		91		79	
Stromertrag:	[kWh/Woche]	12.494		16.811		29.305	
el. Wirkungsgrad:	[%]	34,7		36,1		35,4	
Wärmeproduktion:							
Durchschn. Leistung:	[kW]	93		127		220	
Wärmeertrag:	[kWh/Woche]	11.557		18.716		30.273	
therm. Wirkungsgrad:	[%]	31,0		42,4		36,7	
Gesamtwirkungsgrad:	[%]	65,7		78,5		72,1	

Substrate	Massen-%
Schweinegülle	37,1
Fett	18,2
überlagerte Lebensmittel	16,8
Fegemehl	8,9
Hühnerfestmist	6,8
Silomais	6,4
Apfeltrester	2,0
Molkewasser	1,0
Getreideausputz	0,7
Putenmist	0,5
Flotaffett	0,5
Milchfett	0,2
Anzahl Substrate:	12

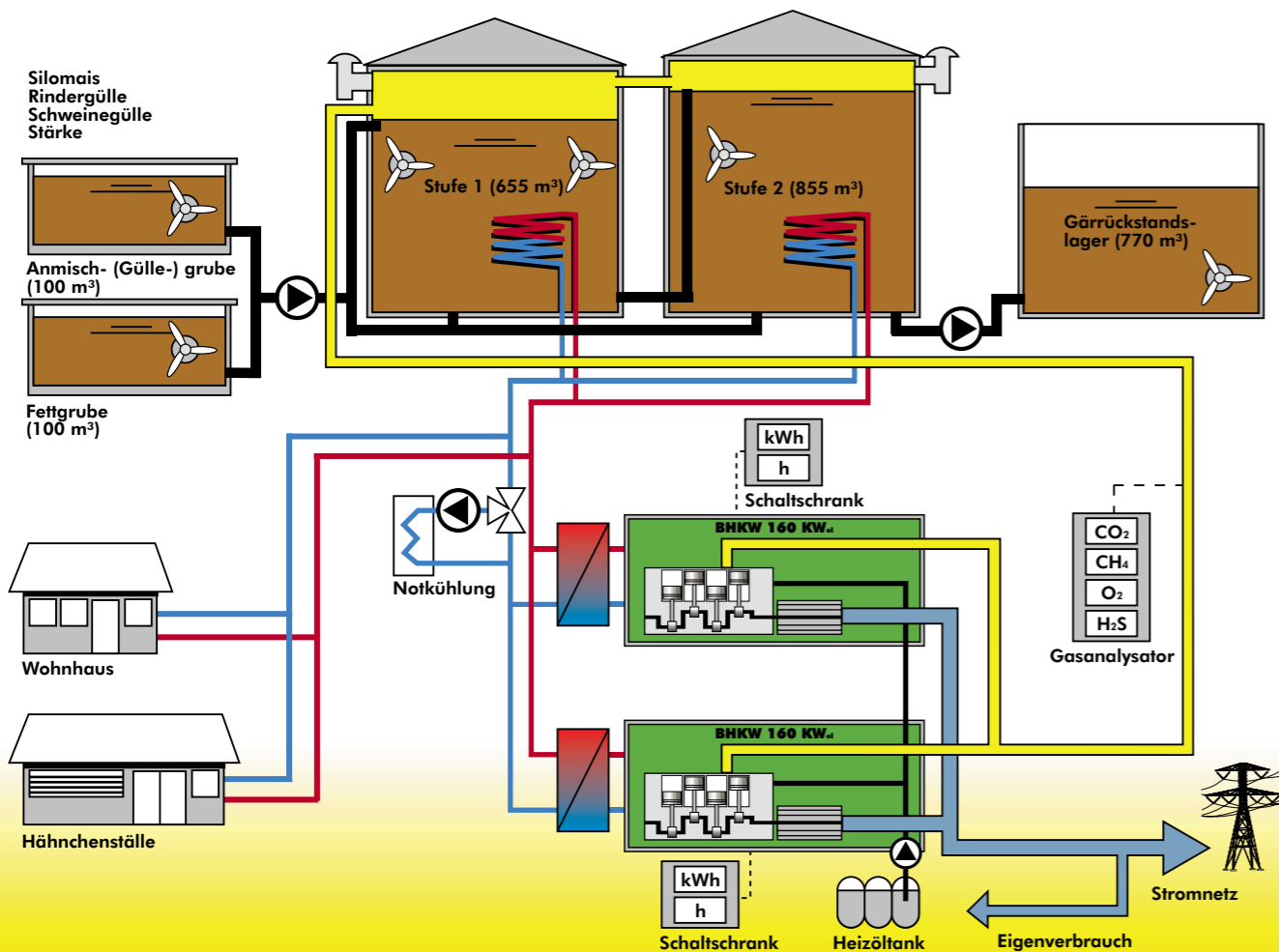
Energiebilanz:			
Gesamtstromverbrauch BGA:	15,4 kWh/t Substrat	Gesamtwärmeverbrauch BGA:	64 kWh/t Substrat
Gesamtstromverbrauch:	888 kWh/Woche	Gesamtwärmeverbrauch:	3.717 kWh/Woche
Anteil an Produktion:	3,0 %	Anteil an Produktion:	12,3 %

ANLAGE 5: Zweistufiges mesophiles Verfahren mit paralleler Fetteinspeisung

Die Biogasanlage von Biogas Weser-Ems ist seit 2000 in Betrieb und besteht im Wesentlichen aus einer Fett- und einer Güllegrube (Mischgrube) mit jeweils 100 m³, einem stehenden, 655 m³ großen Betonfermenter, einem stehenden 855 m³-Betonnachgärer mit Gasspeicher und einem offenen 770 m³-Endlager.

Von den 22 m³ Gesamtsubstratmenge, die pro Tag in den Reaktor gefördert werden, machen allein ca. 55 % Flotafett aus. Weitere 32 % entfallen auf Rinder- und Schweinegülle, 10 % auf Silomais und 3 % auf Hühnerfestmist. Aus der Anmischgrube erfolgt der Eintrag des Substrates kontinuierlich nur in die Stufe 1. Hingegen werden die Flotafette täglich in gleicher Menge beiden Reaktoren zugeführt.

Bei diesem Verfahren wird das Biogas chemisch im Reaktor entschwefelt. Das im Flotafett vorhandene Eisen (III) kommt dabei als Flockungshilfsmittel zum Einsatz. Das Flotafett wird bereits hygienisiert angeliefert. Die Verbrennung des Gases findet über zwei Zündstrahl-BHKW mit einer installierten elektrischen Leistung von jeweils 160 kW statt. Die elektrische Energie wird nach Abzug des Eigenverbrauchs ins Netz eingespeist.



Allgemeine Betriebsdaten:					
Tierbesatz:	80 Stk. Mastbullen	GV:	263	Nutzfläche:	Ackerland: 65,0 ha
	800 Stk. Mastschweine	GV/ha:	4,0		Grünland: ha
	42.000 Stk. Masthähnchen				Nachwachsende Rohstoffe: ha
					davon Stilllegungsfläche: %

Biogasanlage:		Anzahl Stufen: 2 Planer/Hersteller: Biogas Weser-Ems			
		TS	oTS	NH ₄ -N	N _{ges}
mittl. Zusammensetzung der eingesetzten Substratmischung	[kg/t] bzw. [% FM]	12,0	10,4	3,2	7,5

Häufigkeit der Substratzugabe:		Betriebsführung: Reihe			
		Stufe 1	Stufe 2	Gesamt	
Betriebstemperatur	[°C]	42	40		
Arbeitsvolumen	[m ³]	655	855	1.510	
Reaktorsystem (stehend/liegend)	s				
zugegebene Menge Frischsubstrat	[t/Woche]	116	40	156	
hydraulische Verweilzeit	[d]	41	47	88	
Raumbelastung	[kg oTS/m ³ d]	2,3	1,4		

Gärrückstandslager:					
Größe:	770 m ³	Abdeckung: keine			
		TS	oTS	NH ₄ -N	N _{ges}
Zusammensetzung:	[kg/t] bzw. [% FM]	5,4	4,0	5,4	7,4

Gasproduktion:			
Prod. Biogasmenge (0° C; 1,013 bar):	14.314 m ³ /Woche	bzw.	2.045 m ³ /Tag
Produktivität:	1,35 m ³ Biogas/(m ³ d)		0,87 m ³ CH ₄ /(m ³ d)
Gasqualität vor BHKW:	63,9 Vol-% CH ₄	0,1 Vol-% O ₂	28 ppm H ₂ S

BHKW:		Anzahl: 2 BHKW 1 BHKW 2	
Typ (Benzin/Zünd/Gas):	Z	Z	
Anzahl Zylinder:	6	6	
Hersteller:	Seva	Seva	
Motor:	Volvo	Volvo	
Zündölanteil [%]:	11,9	13,6	

Spezifischer Gesamtstromertrag: 256,5 kWh/t Substrat

		BHKW 1	BHKW 2	Gesamt	Substrate Massen-%	
Stromproduktion:						
el. Nennleistung:	[kW]	160	160	320	Flotafett	54,5
Durchschn. Leistung:	[kW]	140	144	284	Rindergülle	17,5
Leistungsausnutzung:	[%]	88	90	89	Schweinegülle	15,3
Auslastung:	[%]	86	48	67	Silomais	9,1
Stromertrag:	[kWh/Woche]	23.038	13.004	36.042	Hühnerfestmist	3,3
el. Wirkungsgrad:	[%]	34,4	34,6	34,5	Schweinefestmist	0,2
Wärmeproduktion:					Anzahl Substrate: 6	
Durchschn. Leistung:	[kW]	129	131	260		
Wärmeertrag:	[kWh/Woche]	21.398	13.494	34.892		
therm. Wirkungsgrad:	[%]	32,3	31,5	31,9		
Gesamtwirkungsgrad:	[%]	66,7	66,1	66,4		

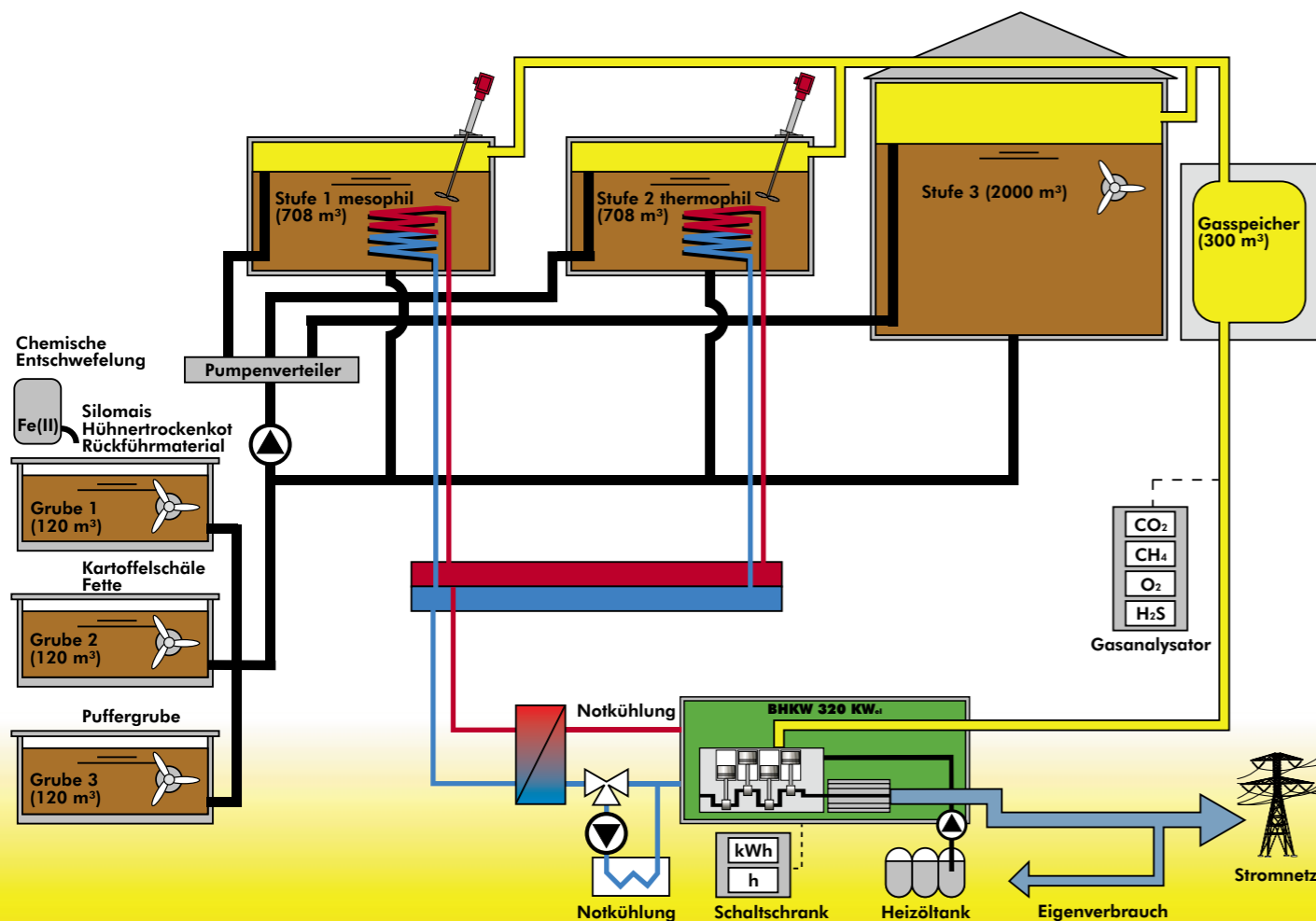
Energiebilanz:			
Gesamtstromverbrauch BGA:	17,2 kWh/t Substrat	Gesamtwärmeverbrauch BGA:	83,1 kWh/t Substrat
Gesamtstromverbrauch:	2.406 kWh/Woche	Gesamtwärmeverbrauch:	10.813 kWh/Woche
Anteil an Produktion:	6,7 %	Anteil an Produktion:	31,0 %

ANLAGE 6: Dreistufiges meso- bzw. thermophiles Verfahren mit chemischer Entschwefelung

Die Firma Euro-Biogas hat eine dreistufige Nassvergärungsanlage gebaut, die seit 2001 läuft. Drei Annahmegruben von jeweils 120 m³, zwei stehende, jeweils 708 m³ große Betonfermenter (Stufe 1 mesophil, Stufe 2 thermophil), die parallel betrieben werden, ein gasdichter 2.000 m³-Nachgärer mit Gasspeicher und ein zusätzlicher externer 300 m³-Foliengasspeicher bestimmen das System.

Im Tagesrhythmus werden insgesamt ca. 21 m³ Substrat in die Reaktoren gefördert. Neben 15 % Silomais und 4 % Rindergülle besteht der Rest aus weiteren Kosubstraten. Zum Anmischen werden die Substrate je nach Notwendigkeit mit Rezyklat aus dem Endlager verdünnt. Beide Reaktoren werden über eine Pumpe aus den Gruben mit Substrat versorgt.

Das Biogas wird chemisch entschwefelt. Dies erfolgt über die Zugabe von Eisen (II) in einer der Annahmegruben. Für die Gasverwertung steht ein Zündstrahl-BHKW mit einer installierten elektrischen Leistung von 320 kW zur Verfügung. Der erzeugte Strom wird überwiegend zu EEG-Konditionen ins Netz gespeist. Die Wärme wird lediglich für den Biogasprozess genutzt.



Allgemeine Betriebsdaten:				
Ackerbaubetrieb ohne Tierhaltung		Nutzfläche:	Ackerland:	230,0 ha
			Grünland:	0,0 ha
			Nachwachsende Rohstoffe:	40,0 ha
			davon Stilllegungsfläche:	75 %

Biogasanlage:		Anzahl Stufen: 3 Planer/Hersteller: Euro-Biogas (Soltauer Gruppe)			
mittl. Zusammensetzung der eingesetzten Substratmischung	[kg/t] bzw. [% FM]	TS	oTS	NH ₄ -N	N _{ges}
		25,4	22,7	1,1	4,7

Häufigkeit der Substratzugabe:		12 d ⁻¹ Betriebsführung: Parallel				
		Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Gesamt	
Betriebstemperatur	[°C]	40	53	34		
Arbeitsvolumen	[m ³]	708	708	2.000	3.416	
Reaktorsystem (stehend/liegend)	s	s	s	s		
zugegebene Menge Frischsubstrat	[t/Woche]	62	50	37	149	
hydraulische Verweilzeit	[d]	57	190	106	353	
Raumbelastung	[kg oTS/m ³ d]	3,1	2,5	0,9		

Gärrückstandslager:						
Größe:	2.000 m ³	Abdeckung: gasdicht				
Zusammensetzung:		[kg/t] bzw. [% FM]	TS	oTS	NH ₄ -N	N _{ges}
			3,6	2,4	2,7	3,8

Gasproduktion:			
Prod. Biogasmenge (0° C; 1,013 bar):	14.505 m ³ /Woche	bzw.	2.072 m ³ /Tag
Produktivität:	0,6 m ³ Biogas/(m ³ d)		0,32 m ³ CH ₄ /(m ³ d)
Gasqualität vor BHKW:	55,3 Vol-% CH ₄	0,8 Vol-% O ₂	257 ppm H ₂ S

BHKW:		Anzahl: 1 BHKW 1	
Typ (Benzin/Zünd/Gas):	Z		
Anzahl Zylinder:	6		
Hersteller:	Seva		
Motor:	Volvo		
Zündölanteil [%]:	14,8		

Spezifischer Gesamtstromertrag: 274,6 kWh/t Substrat	
BHKW 1	

Stromproduktion:			
el. Nennleistung:	[kW]	320	
Durchschn. Leistung:	[kW]	285	
Leistungsausnutzung:	[%]	89	
Auslastung:	[%]	66	
Stromertrag:	[kWh/Woche]	35.559	
el. Wirkungsgrad:	[%]	37,5	
Wärmeproduktion:			
Durchschn. Leistung:	[kW]	260	
Wärmeertrag:	[kWh/Woche]	34.892	
therm. Wirkungsgrad:	[%]	31,9	
Gesamtwirkungsgrad:	[%]	69,4	

Substrate	Massen-%
Kartoffelschälabfälle	45,7
Fett	18,6
Silomais	15,3
Hühnerkot	6,9
Impfschlamm	4,3
Rindergülle	3,7
Mehl-Abfälle	2,9
Bioabfall	1,0
Molke	0,9
Getreideausputz	0,6
Anzahl Substrate:	10

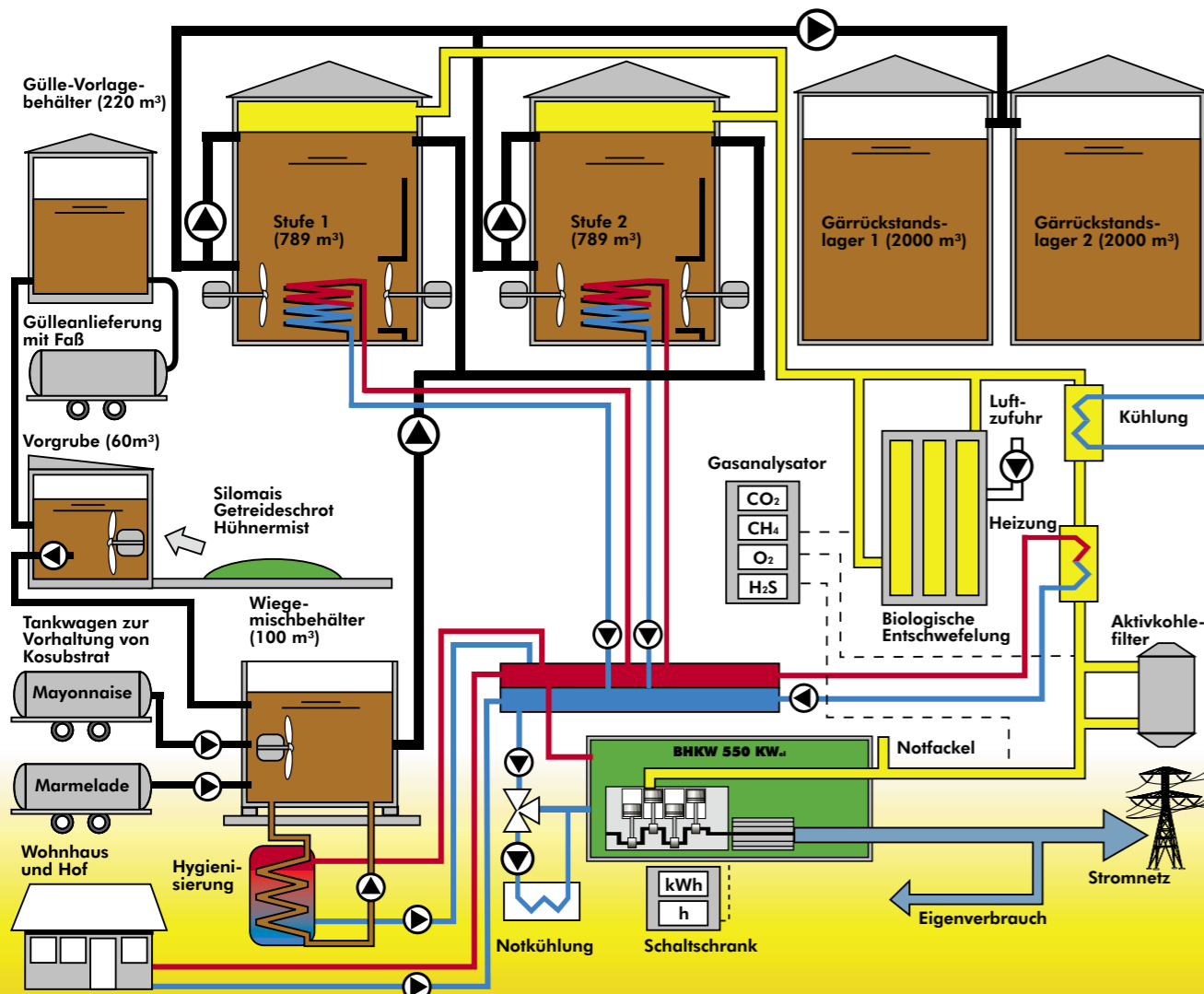
Energiebilanz:			
Gesamtstromverbrauch BGA:	26,9 kWh/t Substrat	Gesamtwärmeverbrauch BGA:	94,7 kWh/t Substrat
Gesamtstromverbrauch:	3.366 kWh/Woche	Gesamtwärmeverbrauch:	11.432 kWh/Woche
Anteil an Produktion:	9,5 %	Anteil an Produktion:	32,8 %

ANLAGE 7: Zweistufiges mesophiles Verfahren mit integrierter Hygienisierung

Die Biogasanlage des Anlagenbauers Lipp zeichnet sich durch eine integrierte Hygienisierungseinheit (Pasteurisierung) aus. Zudem besteht das zweistufige mesophile Nassvergärungsverfahren aus einem 100 m³-Wiege-Mischbehälter, zwei stehenden, 789 m³ großen Edelstahlfermentern, die parallel betrieben werden und zwei nicht gasdicht geschlossenen, jeweils 2.000 m³ großen Endlagern.

Die 23 m³ Substrat, zusammengesetzt aus 33 % Wasser, 26 % Schweinegülle und 41 % Kosubstraten, werden täglich über verschiedene Wege dem Wiege-Mischbehälter zugeführt und von dort mit einer Excenterschneckenpumpe auf die beiden Fermenter verteilt.

Die Gasreinigung erfolgt über eine externe biologische Entschwefelung mit einem nachgeschalteten Aktivkohlefilter. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, Luft in den Gasraum zu fördern und bei Bedarf Eisen-(III)-Chlorid zuzusetzen. Die Verbrennung erfolgt in einem Gas-BHKW mit einer installierten elektrischen Leistung von 550 kW. Der Hauptanteil des produzierten Stroms gelangt ins Netz.



Allgemeine Betriebsdaten:

Tierbesatz:	650 Stk. Mastschweine	GV:	220	Nutzfläche:	Ackerland:	75,0 ha
	90.000 Stk. Masthähnchen	GV/ha:	2,9		Grünland:	2,0 ha
					Nachwachsende Rohstoffe:	30,0 ha
					davon Stilllegungsfläche:	33 %

Biogasanlage:

Anzahl Stufen: 2 Planer/Hersteller: Lipp

		TS	oTS	NH ₄ -N	N _{ges}
mittl. Zusammensetzung der eingesetzten Substratmischung	[kg/t] bzw. [% FM]	26,4	24,2	2,1	11,1

Häufigkeit der Substratzugabe:

12 d⁻¹

Betriebsführung: Parallel

		Stufe 1	Stufe 2	Gesamt
Betriebstemperatur	[°C]	40	39	
Arbeitsvolumen	[m ³]	789	789	1.578
Reaktorsystem (stehend/liegend)	s	s	s	
zugegebene Menge Frischsubstrat	[t/Woche]	80	83	163
hydraulische Verweilzeit	[d]	70	67	137
Raumbelastung	[kg oTS/m ³ d]	3,5	3,7	

Gärrückstandslager:

Größe: 4.000 m³

Abdeckung: nicht gasdicht

		TS	oTS	NH ₄ -N	N _{ges}
Zusammensetzung:	[kg/t] bzw. [% FM]	6,7	5,8	8,0	10,5

Gasproduktion:

Prod. Biogasmenge (0° C; 1,013 bar):	37.960 m ³ /Woche	bzw.	5.423 m ³ /Tag
Produktivität:	3,44 m ³ Biogas/(m ³ d)		1,91 m ³ CH ₄ /(m ³ d)
Gasqualität vor BHKW:	55,4 Vol-% CH ₄	0,3 Vol-% O ₂	185 ppm H ₂ S

BHKW:

Anzahl: 1

BHKW 1

Typ (Benzin/Zünd/Gas):	G
Anzahl Zylinder:	12
Hersteller:	Jenbacher
Motor:	Jenbacher

Spezifischer Gesamtstromertrag: 405,7 kWh/t Substrat

BHKW 1

Stromproduktion:		
el. Nennleistung:	[kW]	550
Durchschn. Leistung:	[kW]	405
Leistungsausnutzung:	[%]	74
Auslastung:	[%]	73
Stromertrag:	[kWh/Woche]	67.527
el. Wirkungsgrad:	[%]	32,2
Wärmeproduktion:		
Durchschn. Leistung:	[kW]	577
Wärmeertrag:	[kWh/Woche]	96.430
therm. Wirkungsgrad:	[%]	44,2
Gesamtwirkungsgrad:	[%]	76,4

Substrate	Massen-%
Wasser	32,8
Schweinegülle	25,6
stärke- und fetth. Substrate	19,5
Silomais	15,2
Hühnerfestmist	5,7
Weizenschrot	1,2
Anzahl Substrate:	6

Energiebilanz:

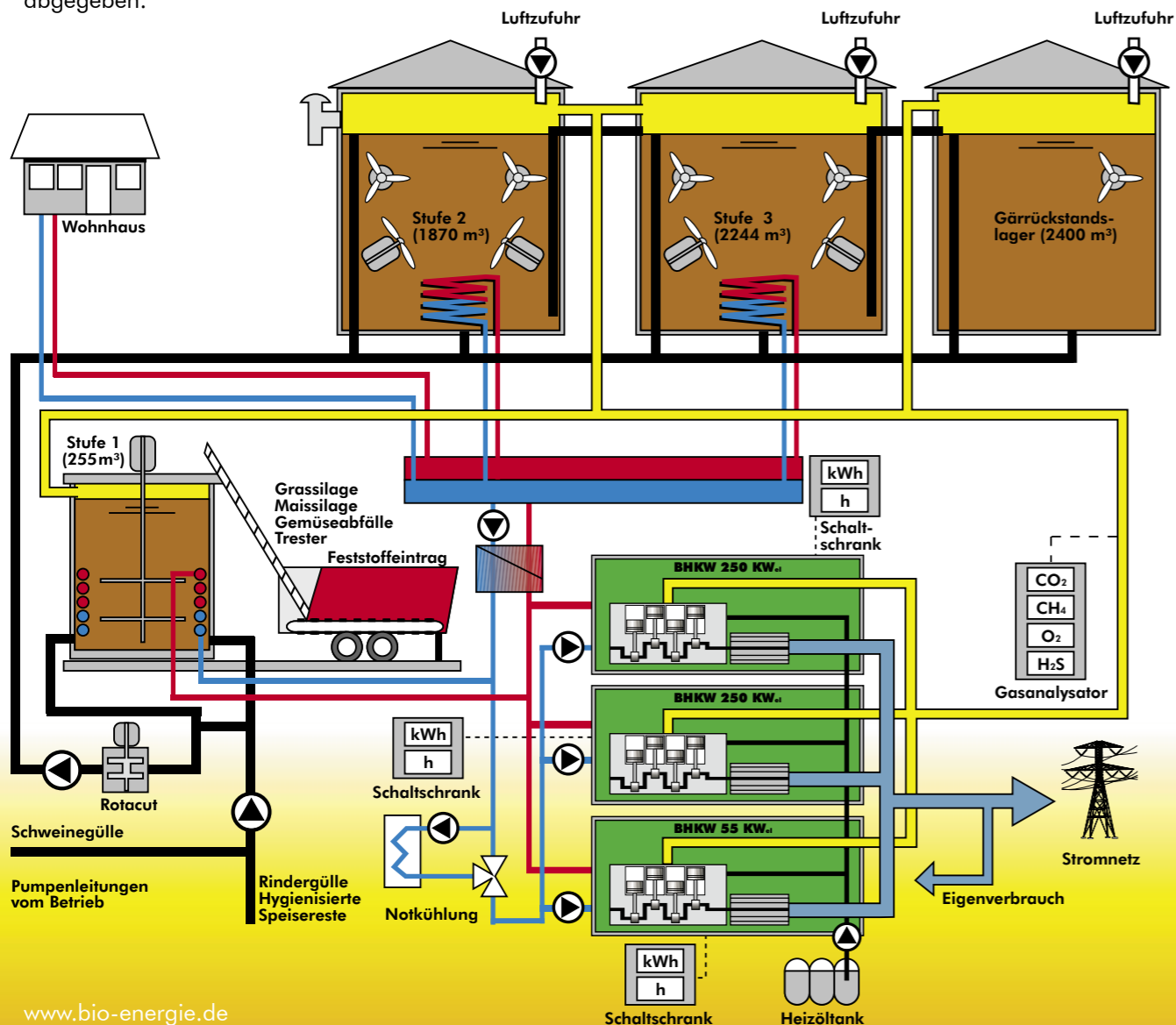
Gesamtstromverbrauch BGA:	33,6 kWh/t Substrat	Gesamtwärmeverbrauch BGA:	48 kWh/t Substrat
Gesamtstromverbrauch:	5.381 kWh/Woche	Gesamtwärmeverbrauch:	7.341 kWh/Woche
Anteil an Produktion:	8,0 %	Anteil an Produktion:	7,6 %

ANLAGE 8: Dreistufiges thermophiles Verfahren mit möglicher Hygienisierung

Das mehrstufige thermophile Nassvergärungsverfahren von MT Energie GmbH ermöglicht es, den 255 m³ großen Hydrolyse-Mischbehälter mit Feststoffeintrag (Schneckensystem) auch zur Hygienisierung zu nutzen. Für die Vergärung stehen zwei in Reihe geschaltete, 1.870 m³ bzw. 2.244 m³ große Fermenter zur Verfügung. Durch ein gasdichtes 2.400 m³-Endlager kann das dort entstehende Biogas ebenfalls noch der Verbrennung zugeführt werden.

Jeden Tag werden insgesamt ca. 43 m³ Substrat in den Hydrolyse-Mischbehälter gefördert. Die Feststoffe wie Silomais mit 35 % und andere Kosubstrate wie zum Beispiel pasteurisierte Speisereste und Grassilage mit 28 % gelangen über einen umgebauten Futtermischwagen immer in die erste Stufe. Die flüssigen Substrate Rinder- bzw. Schweinegülle (38 %) werden direkt aus den Kanälen der Ställe in die Stufe 1 gepumpt. Bestimmte Pumpenlaufzeiten regulieren die zuzuführende Menge.

Das entstehende Biogas wird durch eine Luftereinblasung in die Reaktoren und das Endlager biologisch entschwefelt. Drei Zündstrahl-BHKW mit einer installierten elektrischen Leistung von zweimal 250 kW und einmal 55 kW verbrennen das nutzbare Gas. Der dabei entstehende Strom wird größten Teils an das öffentliche Netz abgegeben.



Allgemeine Betriebsdaten:					
Tierbesatz:	80 Stk. Mastschweine	GV:	250	Nutzfläche:	Ackerland: 110,0 ha
	1.100 Stk. Masthähnchen	GV/ha:	1,8		Grünland: 30,0 ha
					Nachwachsende Rohstoffe: ha
					davon Stilllegungsfläche: %

Biogasanlage:						
		Anzahl Stufen: 3		Planer/Hersteller: MT-Energie		
		TS	oTS	NH ₄ -N	N _{ges}	
mittl. Zusammensetzung der eingesetzten Substratmischung		[kg/t] bzw. [% FM]	16,8	15,3	1,5	4,7

Häufigkeit der Substratzugabe:		Betriebsführung: Reihe				
		12 d ⁻¹				
		Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Gesamt	
Betriebstemperatur	[°C]	54	52	42		
Arbeitsvolumen	[m ³]	255	1.870	2.244	4.369	
Reaktorsystem (stehend/liegend)	s					
zugegebene Menge Frischsubstrat	[t/Woche]	302			302	
hydraulische Verweilzeit	[d]	2	18	31	51	
Raumbelastung	[kg oTS/m ³ d]	35,5	4,7	1,7		

Gärrückstandslager:					
Größe: 2.400 m ³		Abdeckung: gasdicht			
		TS	oTS	NH ₄ -N	N _{ges}
Zusammensetzung: [kg/t] bzw. [% FM]		4,4	3,1	3,0	4,2

Gasproduktion:			
Prod. Biogasmenge (0° C; 1,013 bar):	39.716 m ³ /Woche	bzw.	5.674 m ³ /Tag
Produktivität:	1,3 m ³ Biogas/(m ³ d)		0,68 m ³ CH ₄ /(m ³ d)
Gasqualität vor BHKW:	51,6 Vol-% CH ₄	0,3 Vol-% O ₂	72 ppm H ₂ S

BHKW:				Substrate	
Anzahl: 3				Massen-%	
		BHKW 1	BHKW 2	BHKW 3	
Typ (Benzin/Zünd/Gas):	Z	Z	Z	Silomais 34,6	
Anzahl Zylinder:	6	6	4	Rindergülle 20,2	
Hersteller:	D&B	D&B	Schnell	stärke- und fetth. Substrate 22,1	
Motor:	Deutz	Deutz	Perkins	Schweinegülle 18,2	
Zündölanteil [%]:	9,3	12,3		Grassilage 4,8	
				Getreideputz 0,1	

Spezifischer Gesamtstromertrag: 255,3 kWh/t Substrat

		BHKW 1	BHKW 2	BHKW 3	Gesamt
Stromproduktion:					
el. Nennleistung:	[kW]	250	250	55	555
Durchschn. Leistung:	[kW]	246	236	48	530
Leistungsausnutzung:	[%]	98	94	88	95
Auslastung:	[%]	96	71	77	83
Stromertrag:	[kWh/Woche]	40.265	29.988	7.133	77.386
el. Wirkungsgrad:	[%]	34,7	31,8		
Wärmeproduktion:					
Durchschn. Leistung:	[kW]				
Wärmeertrag:	[kWh/Woche]				
therm. Wirkungsgrad:	[%]				
Gesamtwirkungsgrad:	[%]				

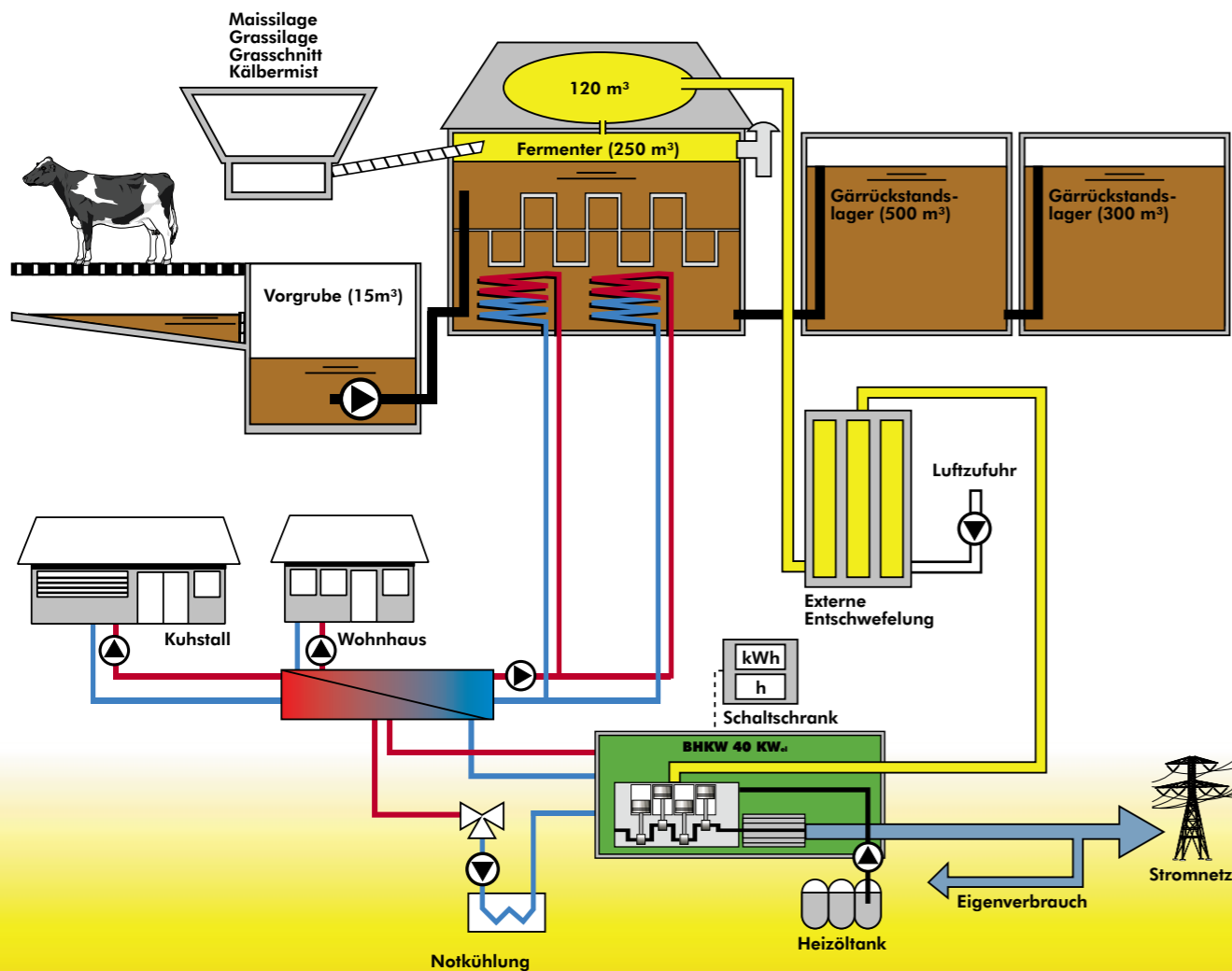
Energiebilanz:			
Gesamtstromverbrauch BGA:	11,6 kWh/t Substrat	Gesamtwärmeverbrauch BGA:	k.A. kWh/t Substrat
Gesamtstromverbrauch:	3.328 kWh/Woche	Gesamtwärmeverbrauch:	k.A. kWh/Woche
Anteil an Produktion:	4,3 %	Anteil an Produktion:	k.A. %

ANLAGE 9: Einstufiges mesophiles Verfahren mit externer biologischer Entschwefelung

Die seit 2000 in Betrieb befindliche Anlage des Konstrukteurs Rückert arbeitet mit einem einstufigen mesophilen Nassvergärungsverfahren. Als Sammelbecken für das Substrat dient eine 15 m³ Vorgrube. Zusätzlich zu einem liegenden, 250 m³ großen Fermenter mit Feststoffeintrag (Schneckensystem) und einem externen 120 m³-Foliengasspeicher existieren zwei offene Endlager mit 500 m³ und 300 m³ Volumen.

Mittels einer Pumpe werden die überwiegend flüssigen Inputmaterialien, 69 % Rindergülle und 21 % Molke, aus der Vorgrube in den Fermenter befördert. Die festen Stoffe werden allein über die Förderschnecke eingebracht. Insgesamt werden täglich 8 m³ Substrat benötigt. Zu berücksichtigen ist, dass Grassilage nur saisonal im Sommer anfällt.

Die Reinigung des entstehenden Biogases findet über eine externe biologische Entschwefelung statt. Ein Zündstrahl-BHKW mit einer installierten elektrischen Leistung von 40 kW versorgt den Hof mit elektrischer Energie. Der Rest wird in das Netz eingespeist. Die thermische Energie wird für den Fermenter, den Melkstand und das Wohnhaus genutzt.



Allgemeine Betriebsdaten:

Tierbesatz:	65 Stk. Milchkühe 170 Stk. Nachzucht	GV:	130	Nutzfläche:	Ackerland:	81,0 ha
		GV/ha:	1,1		Grünland:	30,0 ha
					Nachwachsende Rohstoffe:	5,0 ha
					davon Stilllegungsfläche:	100 %

Biogasanlage:

Anzahl Stufen: 1 Planer/Hersteller: Rückert

		TS	oTS	NH ₄ -N	N _{ges}
mittl. Zusammensetzung der eingesetzten Substratmischung	[kg/t] bzw. [% FM]	11,0	9,4	1,4	3,3

Häufigkeit der Substratzugabe:

2 d⁻¹

Betriebsführung: Reihe

		Stufe 1
Betriebstemperatur	[°C]	41
Arbeitsvolumen	[m ³]	250
Reaktorsystem (stehend/liegend)		l
zugegebene Menge Frischsubstrat	[t/Woche]	55
hydraulische Verweilzeit	[d]	30
Raumbelastung	[kg oTS/m ³ d]	3,1

Gärrückstandslager:

Größe: 800 m³ Abdeckung: keine

		TS	oTS	NH ₄ -N	N _{ges}
Zusammensetzung:	[kg/t] bzw. [% FM]	6,5	4,7	1,0	3,0

Gasproduktion:

Prod. Biogasmenge (0° C; 1,013 bar):	3.845 m ³ /Woche	bzw.	549 m ³ /Tag
Produktivität:	2,20 m ³ Biogas/(m ³ d)		1,14 m ³ CH ₄ /(m ³ d)
Gasqualität vor BHKW:	51,9 Vol-% CH ₄	1,3 Vol-% O ₂	307 ppm H ₂ S

BHKW:

Anzahl: 1 BHKW 1

Typ (Benzin/Zünd/Gas):	Z
Anzahl Zylinder:	4
Hersteller:	Schnell
Motor:	Perkins

Spezifischer Gesamtstromertrag: 110,8 kWh/t Substrat

		BHKW 1		Substrate		Massen-%
Stromproduktion:						
el. Nennleistung:	[kW]	40		Rindergülle		68,9
Durchschn. Leistung:	[kW]	39		Molke		21,2
Leistungsausnutzung:	[%]	98		Silomais		4,6
Auslastung:	[%]	96		Grassilage		4,0
Stromertrag:	[kWh/Woche]	6.430		Rinderfestmist		0,7
el. Wirkungsgrad:	[%]			Kartoffeln		0,6
Wärmeproduktion:				Anzahl Substrate:		6
Durchschn. Leistung:	[kW]					
Wärmeertrag:	[kWh/Woche]					
therm. Wirkungsgrad:	[%]					
Gesamtwirkungsgrad:	[%]					

Energiebilanz:

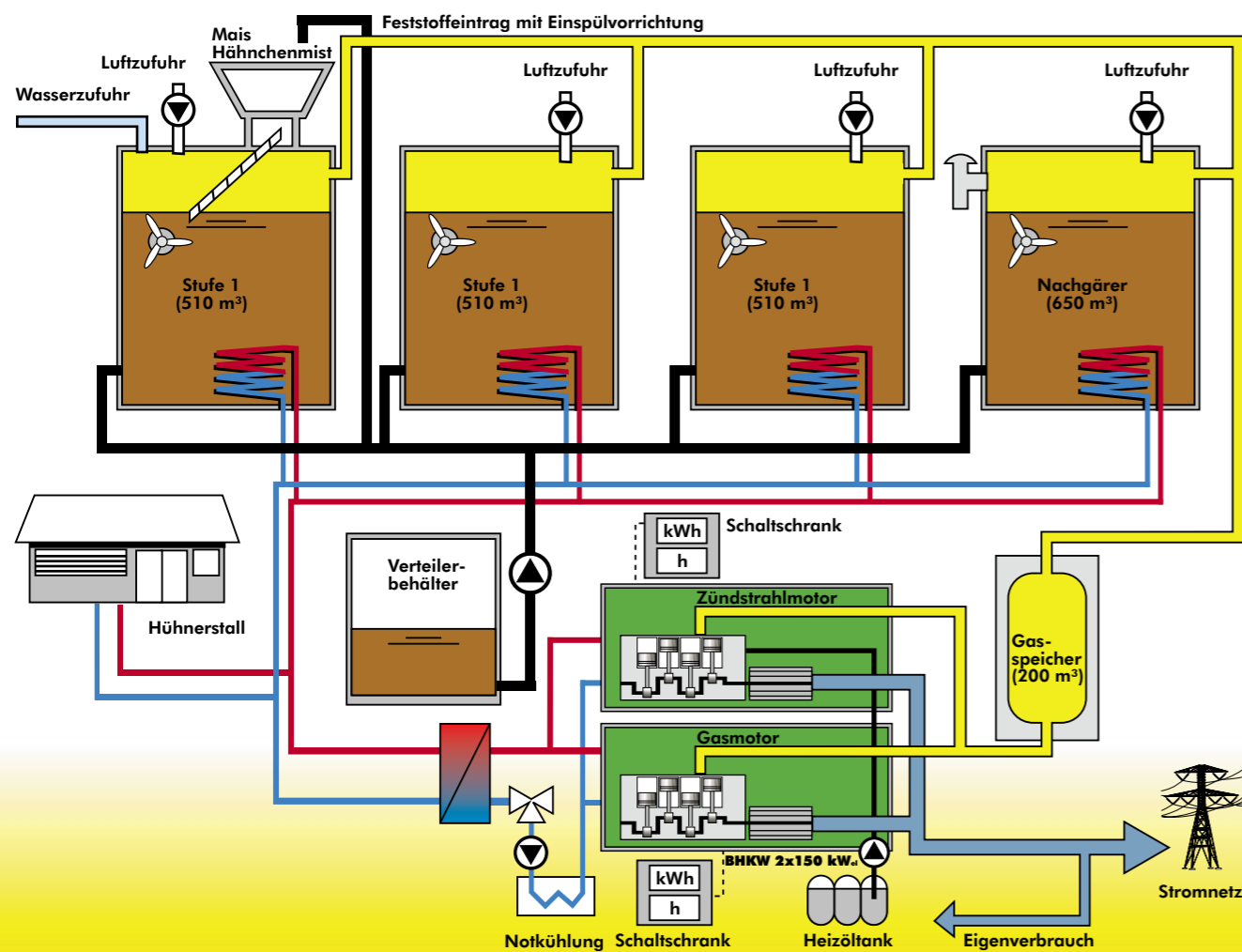
Gesamtstromverbrauch BGA:	k.A.	kWh/t Substrat	Gesamtwärmeverbrauch BGA:	k.A.	kWh/t Substrat
Gesamtstromverbrauch:	k.A.	kWh/Woche	Gesamtwärmeverbrauch:	k.A.	kWh/Woche
Anteil an Produktion:	k.A.	%	Anteil an Produktion:	k.A.	%

ANLAGE 10: Einstufiges mesophiles Verfahren mit drei Fermentern in Parallelschaltung

Bei dieser Biogasanlage handelt es sich um ein einstufiges mesophiles Nassvergärungsverfahren des Anlagenbauers Hochreiter. Die Biogasanlage ist seit 2000 in Betrieb und besteht hauptsächlich aus einem Verteilerbehälter, drei stehenden großen parallelgeschalteten Fermentern von insgesamt 1.530 m³, einem externen 200 m³-Foliengasspeicher und einem Nachgärer mit 650 m³ Volumen.

An jedem Tag gelangen insgesamt ca. 17 m³ Substrat in die Fermenter. Ein wesentlicher Bestandteil des Substrats ist der nachwachsende Rohstoff Silomais mit ca. 55 %. Weitere 30 % entfallen auf Hühnerfestmist, 11 % auf Wasser und ein geringer Anteil von 4 % auf Kartoffelpülpe als Kosubstrat. Mais und Hühnermist werden über einen Einfüllstutzen direkt in den ersten Fermenter eingegeben und dort mit Wasser verdünnt.

Auch hier kommt es zu einer biologischen Entschwefelung des Biogases durch das Einblasen von Luft in die Reaktoren und das Endlager. Das produzierte Gas verbrennt über ein Zündstrahl- und ein Gas-BHKW mit einer installierten elektrischen Leistung von je 150 kW. Der erzeugte Strom dient dem Eigenverbrauch der Biogasanlage, der überwiegende Rest wird ins Netz eingespeist. Mit der entstehenden Wärme wird der Vergärungsprozess realisiert und das Wohnhaus beheizt.



Allgemeine Betriebsdaten:							
Tierbesatz:	158.000 Stk.	Masthähnchen	GV:	221	Nutzfläche:	Ackerland:	170,0 ha
			GV/ha:	1,3		Grünland:	0,0 ha
						Nachwachsende Rohstoffe:	60,0 ha
						davon Stilllegungsfläche:	5 %

Biogasanlage:		Anzahl Stufen: 1 Planer/Hersteller: Johann Hochreiter			
		TS	oTS	NH ₄ -N	N _{ges}
mittl. Zusammensetzung der eingesetzten Substratmischung	[kg/t] bzw. [% FM]	38,6	34,2	3,9	12,4

Häufigkeit der Substratzugabe:		2 d ⁻¹		Betriebsführung: Reihe	
		Stufe 1			
Betriebstemperatur	[°C]	43			
Arbeitsvolumen	[m ³]	1.530			
Reaktorsystem (stehend/liegend)		s			
zugegebene Menge Frischsubstrat	[t/Woche]	121			
hydraulische Verweilzeit	[d]	64			
Raumbelastung	[kg oTS/m ³ d]	3,9			

Gärrückstandslager:					
Größe:	650 m ³	Abdeckung: gasdicht			
		TS	oTS	NH ₄ -N	N _{ges}
Zusammensetzung:	[kg/t] bzw. [% FM]	6,6	4,7	5,6	8,7

Gasproduktion:			
Prod. Biogasmenge (0° C; 1,013 bar):	21.162 m ³ /Woche	bzw.	3.023 m ³ /Tag
Produktivität:	1,98 m ³ Biogas/(m ³ d)		1,07 m ³ CH ₄ /(m ³ d)
Gasqualität vor BHKW:	54,4 Vol-% CH ₄	0,7 Vol-% O ₂	298 ppm H ₂ S

BHKW:			
	Anzahl: 2	BHKW 1	BHKW 2
Typ (Benzin/Zünd/Gas):		Z	G
Anzahl Zylinder:			
Hersteller:		Hochreiter	Hochreiter
Motor:		MAN	MAN
Zündölanteil [%]:		13,5	

Spezifischer Gesamtstromertrag: 802,7 kWh/t Substrat						
		BHKW 1	BHKW 2	Gesamt		
Stromproduktion:					Substrate	
el. Nennleistung:	[kW]			300	Silomais	54,7
Durchschn. Leistung:	[kW]			300	Hühnerfestmist	29,3
Leistungsausnutzung:	[%]			100	Wasser	11,6
Auslastung:	[%]			83	Kartoffelpülpe	4,4
Stromertrag:	[kWh/Woche]			41.726	Anzahl Substrate:	4
el. Wirkungsgrad:	[%]			32,8		
Wärmeproduktion:						
Durchschn. Leistung:	[kW]					
Wärmeertrag:	[kWh/Woche]					
therm. Wirkungsgrad:	[%]					
Gesamtwirkungsgrad:	[%]					

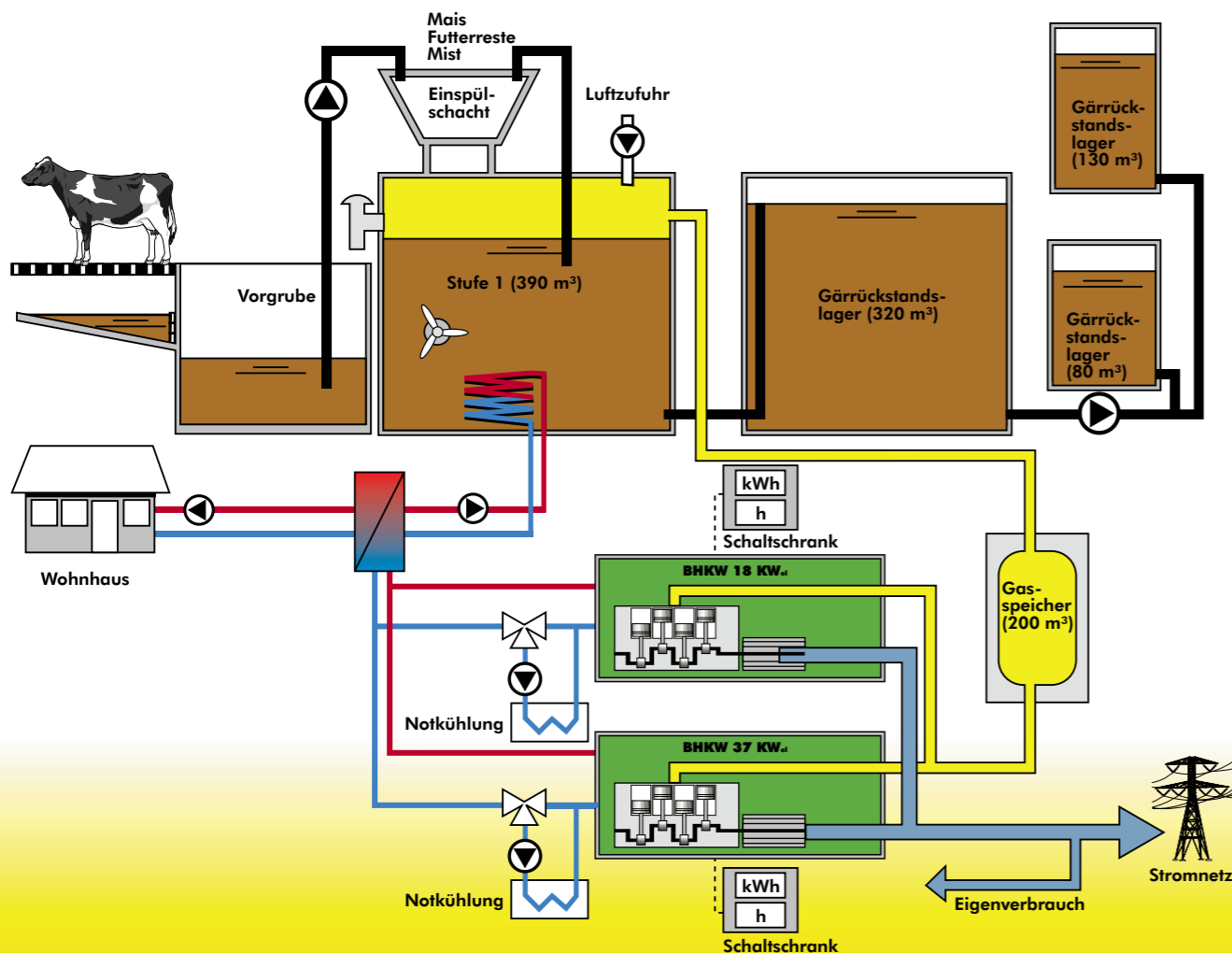
Energiebilanz:					
Gesamtstromverbrauch BGA:	k.A.	kWh/t Substrat	Gesamtwärmeverbrauch BGA:	k.A.	kWh/t Substrat
Gesamtstromverbrauch:	k.A.	kWh/Woche	Gesamtwärmeverbrauch:	k.A.	kWh/Woche
Anteil an Produktion:	k.A.	%	Anteil an Produktion:	k.A.	%

ANLAGE 11: Einstufiges mesophiles Verfahren mit Rechteck-Fermenter

Das einstufige mesophile Nassvergärungsverfahren des Anlagenbauers Hochreiter zeichnet sich durch einen stehenden, 390 m³ großen Rechteck-Fermenter aus. Das bei der Vergärung gewonnene Gas gelangt in einen externen 200 m³-Foliengasspeicher. Der Gärückstand sammelt sich in drei nicht gasdicht geschlossenen Endlagern mit insgesamt 530 m³ Volumen. Dem Reaktor vorgeschaltet ist eine Vorgrube.

Von den 6 m³ täglich zugeführtem Substrat kommen die 91 % Rindergülle aus der Vorgrube in den Fermenter. Die restlichen 9 % feste Kosubstrate werden über einen Einfüllstutzen direkt in den Fermenter eingegeben und dort mit Rindergülle aus der Vorgrube verdünnt.

Auch in dieser Anlage wird das Biogas durch Lufteinblasung in den Reaktor biologisch entschwefelt. Die Nutzung des Gases erfolgte in der ersten Hälfte der Datenerhebung über ein Benzin-BHKW mit einer installierten Leistung von 18 kW und in der zweiten Hälfte der Messungen ein Gas-BHKW mit 37 kW. Das was dabei an Strom produziert wird, gelangt nach Abzug des Eigenbedarfs ins Netz. Mit der Abwärme wird eine Holztrocknungsanlage mit Energie versorgt.



Allgemeine Betriebsdaten:

Tierbesatz:	40 Stk. Milchvieh	GV:	85	Nutzfläche:	Ackerland:	24,5 ha
	40 Stk. Mastbullen	GV/ha:	2,0		Grünland:	6,0 ha
	57 Stk. Nachzucht				Nachwachsende Rohstoffe:	0,5 ha
					davon Stilllegungsfläche:	0 %

Biogasanlage:

Anzahl Stufen: 1 Planer/Hersteller: Hochreiter

		TS	oTS	NH ₄ -N	N _{ges}
mittl. Zusammensetzung der eingesetzten Substratmischung	[kg/t] bzw. [% FM]	8,7	6,5	1,7	4,1

Häufigkeit der Substratzugabe:

1 d⁻¹

Betriebsführung: Reihe

		Stufe 1
Betriebstemperatur	[°C]	40
Arbeitsvolumen	[m ³]	390
Reaktorsystem (stehend/liegend)	s	
zugegebene Menge Frischsubstrat	[t/Woche]	42
hydraulische Verweilzeit	[d]	64
Raumbelastung	[kg oTS/m ³ d]	1,0

Gärückstandslager:

Größe: 530 m³ Abdeckung: nicht gasdicht

		TS	oTS	NH ₄ -N	N _{ges}
Zusammensetzung:	[kg/t] bzw. [% FM]	5,2	3,0	2,1	3,3

Gasproduktion:

Prod. Biogasmenge (0° C; 1,013 bar):	1.783 m ³ /Woche	bzw.	255 m ³ /Tag
Produktivität:	0,75 m ³ Biogas/(m ³ d)		0,37 m ³ CH ₄ /(m ³ d)
Gasqualität vor BHKW:	50,2 Vol-% CH ₄	1,9 Vol-% O ₂	120 ppm H ₂ S

BHKW:

Anzahl: 2 BHKW 1 BHKW 2

Typ (Benzin/Zünd/Gas):	B	G
Anzahl Zylinder:	4	4
Hersteller:	Hochreiter	Hochreiter
Motor:	Ford	MAN

Spezifischer Gesamtstromertrag: 74,1 kWh/t Substrat

		BHKW 1	BHKW 2	Gesamt	Substrate	Massen-%
Stromproduktion:					Rindergülle	91,0
el. Nennleistung:	[kW]	18	37	55	Futterreste	3,6
Durchschn. Leistung:	[kW]	17	31	48	Silomais	3,1
Leistungsausnutzung:	[%]	94	84	87	Grassilage	1,1
Auslastung:	[%]	89	59	69	Stilllegungsmischkultur	0,6
Stromertrag:	[kWh/Woche]	2.687	3.677	6.364	Wiesengras	0,3
el. Wirkungsgrad:	[%]	28,7	32,5	31,3	Rinderfestmist	0,2
Wärmeproduktion:					Weidelgras	0,1
Durchschn. Leistung:	[kW]		41		Anzahl Substrate:	8
Wärmeertrag:	[kWh/Woche]		4.986			
therm. Wirkungsgrad:	[%]		43,1			
Gesamtwirkungsgrad:	[%]		75,6			

Energiebilanz:

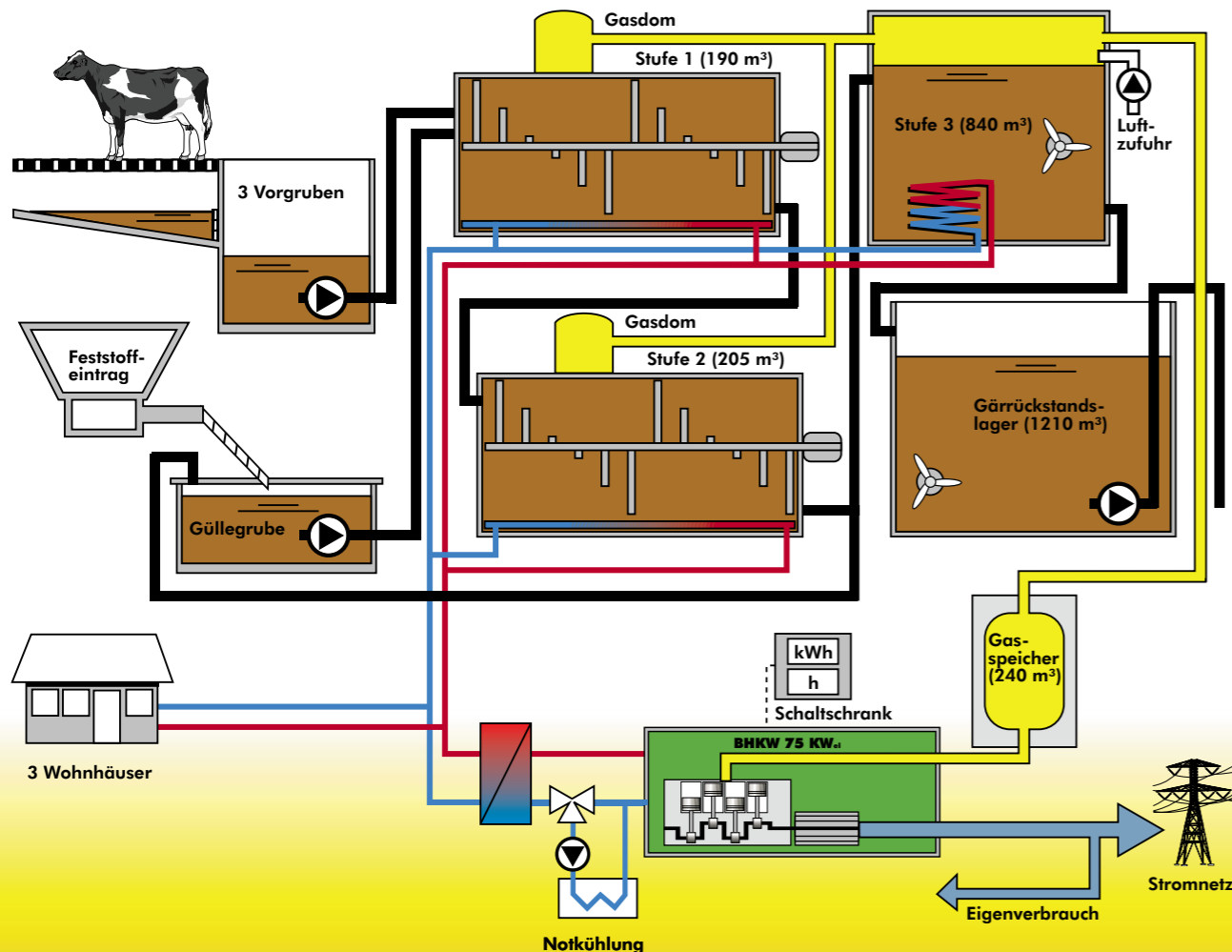
Gesamtstromverbrauch BGA:	7,9 kWh/t Substrat	Gesamtwärmeverbrauch BGA:	47,1 kWh/t Substrat
Gesamtstromverbrauch:	340 kWh/Woche	Gesamtwärmeverbrauch:	2.041 kWh/Woche
Anteil an Produktion:	5,3 %	Anteil an Produktion:	40,9 %

ANLAGE 12: Dreistufiges mesophiles Verfahren mit zwei liegenden Fermentern

Die Firma Novatech hat ein dreistufiges mesophiles Nassvergärungsverfahren entwickelt, das bereits seit 1999 betrieben wird. Der Kern der Anlage sind zwei liegende 190 m³- und 205 m³-Stahltanks (Fermenter 1 und 2) und ein stehender 840 m³-Betonbehälter (Fermenter 3), ein externer 240 m³-Gasspeicher und ein offenes Endlager mit 1.210 m³ Volumen. Der Feststoffeintrag erfolgt über ein Schneckensystem aus einer Güllegrube.

Die Tagesmenge an Substrat, die in den ersten Fermenter gefördert wird, beträgt insgesamt ca. 15 m³. Das Substrat besteht zu 40 % aus Rindergülle, zu 34 % aus Schweinegülle, zu 20 % aus Hühnergülle und noch zu weiteren 6 % aus Silomais.

Das gewonnene Biogas wird im dritten Fermenter zusammengeführt und dort durch das Einblasen von Luft biologisch entschwefelt. Ein Gas-BHKW mit einer installierten elektrischen Leistung von 75 kW erzeugt einerseits den Strom für den Betrieb der Biogasanlage, wobei der überwiegende Teil ins öffentliche Netz eingespeist wird und andererseits die Wärme für drei Wohnhäuser. Betreiber der Anlage sind drei Landwirte, die sich hierfür zusammengeschlossen haben.



Allgemeine Betriebsdaten:					
Tierbesatz:	700 Stk. Mastschweine	GV:	225	Nutzfläche:	Ackerland: 230,0 ha
	15.000 Stk. Legehennen	GV/ha:			Grünland: ha
	50 Stk. Milchvieh				Nachwachsende Rohstoffe: ha
	50 Stk. Nachzucht				davon Stilllegungsfläche: 10 %

Biogasanlage:		Anzahl Stufen: 3 Planer/Hersteller: Novatech			
		TS	oTS	NH ₄ -N	N _{ges}
mittl. Zusammensetzung der eingesetzten Substratmischung	[kg/t] bzw. [% FM]	8,0	6,5	2,4	4,4

Häufigkeit der Substratzugabe:		Betriebsführung: Reihe				
		4 d ⁻¹				
		Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Gesamt	
Betriebstemperatur	[°C]	37	39	31		
Arbeitsvolumen	[m ³]	190	205	840	1.235	
Reaktorsystem (stehend/liegend)		l	l	s		
zugegebene Menge Frischsubstrat	[t/Woche]	104			104	
hydraulische Verweilzeit	[d]	12	13	58	83	
Raumbelastung	[kg oTS/m ³ d]	5,3				

Gärrückstandslager:					
Größe: 1.210 m ³	Abdeckung: keine				
		TS	oTS	NH ₄ -N	N _{ges}
Zusammensetzung:	[kg/t] bzw. [% FM]	3,3	2,2	3,3	4,0

Gasproduktion:			
Prod. Biogasmenge (0° C; 1,013 bar):	5.614 m ³ /Woche	bzw.	802 m ³ /Tag
Produktivität:	0,65 m ³ Biogas/(m ³ d)		0,37 m ³ CH ₄ /(m ³ d)
Gasqualität vor BHKW:	53,9 Vol-% CH ₄	1,0 Vol-% O ₂	176 ppm H ₂ S

BHKW:		Anzahl: 1 BHKW 1	
Typ (Benzin/Zünd/Gas):	G		
Anzahl Zylinder:	6		
Hersteller:	CES		
Motor:	MAN		

Spezifischer Gesamtstromertrag: 75,1 kWh/t Substrat

BHKW 1		Substrate		Massen-%
Stromproduktion:				
el. Nennleistung:	[kW]	75		
Durchschn. Leistung:	[kW]	63		
Leistungsausnutzung:	[%]	84		
Auslastung:	[%]	63		
Stromertrag:	[kWh/Woche]	7.953		
el. Wirkungsgrad:	[%]	27,5		
Wärmeproduktion:				
Durchschn. Leistung:	[kW]	112		
Wärmeertrag:	[kWh/Woche]	13.986		
therm. Wirkungsgrad:	[%]	52,1		
Gesamtwirkungsgrad:	[%]	79,6		
			Rindergülle	40,4
			Schweinegülle	33,7
			Hühnergülle	20,2
			Silomais	5,7
			Anzahl Substrate:	4

Energiebilanz:					
Gesamtstromverbrauch BGA:	k.A.	kWh/t Substrat	Gesamtwärmeverbrauch BGA:	k.A.	kWh/t Substrat
Gesamtstromverbrauch:	k.A.	kWh/Woche	Gesamtwärmeverbrauch:	k.A.	kWh/Woche
Anteil an Produktion:	k.A.	%	Anteil an Produktion:	k.A.	%

Bioenergieberatung bei der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

Seit Oktober 2003 hat die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) ihr Angebot erweitert. Für Fragen rund um das Thema Bioenergie steht Ihnen ein dreiköpfiges Beratungsteam zur Verfügung.

Telefon: 0 38 43-69 30-199

E-Mail: bioenergie@fnr.de

Umfangreiche Informationen erhalten Sie außerdem auf den Internetseiten:

www.bio-energie.de

Dort finden Sie auch alle Veröffentlichungen der FNR zum Thema Bioenergie als Download oder direkt zum Bestellen.

Der Menüpunkt „Aktuelles“ bietet zudem Neuigkeiten aus Politik und Praxis.

Weiterführende Informationen

Broschürenhinweis der FNR zum Thema Biogas:

- Handreichung Biogas (erscheint 2004)
- Biogas – eine natürliche Energiequelle
- Basisdaten Biogas
- Gülzower Fachgespräche, Band 21: Workshop Aufbereitung von Biogas
- Gülzower Fachgespräche, Band 15: Energetische Nutzung von Biogas, Stand der Technik und Optimierungspotenziale
- Projektblatt: Strom aus Biogas in Brennstoffzellen
- Biogasanlagen in der Landwirtschaft, aid/FNR

Weiterführende Links:

- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe: www.nachwachsende-rohstoffe.de
www.bio-energie.de
- Fachverband Biogas: www.biogas.org
- Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft: www.fal.de
- Bundesverband Bioenergie: www.bioenergie.de
- Institut für Energetik und Umwelt: www.energetik-leipzig.de

www.bio-energie.de

www.bio-energie.de

Herausgeber:

Fachagentur Nachhaltende
Rohstoffe e. V. (FNR)
Hofplatz 1
18276 Gülzow
Tel.: 0 38 43 / 69 30 199
www.bio-energie.de
www.fnr.de

Mit finanzieller Unterstützung
des Bundesministeriums für
Verbraucherschutz, Ernährung
und Landwirtschaft



Bundesministerium für
Verbraucherschutz, Ernährung
und Landwirtschaft