

## 15.40 Biogasanlage 41

### 15.40.1 Anlagenbeschreibung

Die Biogasanlage 41 ist eine Gemeinschaftsanlage eines landwirtschaftlichen Betriebes und eines Stadtwerks. Sie wurde im Dezember 2009 mit ursprünglich zwei BHKW (eines vor Ort, ein weiteres als Satellit in einem Heizhaus des Stadtwerks) in Betrieb genommen. Im Laufe der Jahre wurden verschiedene Umbauten und Erweiterungen an der Anlage durchgeführt. Beispielsweise wurden die beiden Fermenter aus einer Reihenschaltung in einen Parallelbetrieb überführt und zwei weitere BHKW (am Anlagenstandort und in einem weiteren Heizhaus des Stadtwerks) installiert. Der Durchsatz wurde erhöht, sodass während der Messphase permanent drei der vier BHKW voll ausgelastet wurden. Das vollständige Anlagenschema der Biogasanlage ist in Abbildung 15-173 zu sehen.

Derzeitig verfügt die Anlage über zwei parallel betriebene Fermenter, welchen eine Hydrolyse vorgeschaltet ist. Die Hydrolyse dient zum Anmischen der festen Einsatzstoffe mit Gülle und Rezirkulat, welches aus dem Nachgärbehälter gezogen wird. Der Gärprozess schließt mit einem gasdicht abgedeckten Gärrestlager. Alle Gärbehälter verfügen über einen gasdichten Doppelmembrangasspeicher. Hydrolyse und Güllelagerbehälter sind mit einem emissionsmindernden Betondeckel abgedeckt, ohne an das Gassystem angebunden zu sein. Kenndaten zur Anlage können aus dem Datenblatt (vgl. Tabelle 15-114) entnommen werden. Abbildung 15-172 gibt einen Eindruck von der Anlage.



Abbildung 15-172: Fermenter 2 (links), Hydrolyse (Mitte vorn), Gärrestlager (Mitte hinten), Nachgärbehälter (rechts) der BGA 41

Die Biogasanlage besitzt ein eigenes Betriebsgelände, welches nicht in unmittelbarer Nähe zum Landwirtschaftsbetrieb steht. Ein Teil der eingesetzten Silage und das Getreideschrot werden vor Ort eingelagert. Zusätzlich wird Silage aus anderen Standorten des landwirtschaftlichen Anteiligners mit täglichen Fahrten zur BGA transportiert. Die Feststoffe werden über einen Feststoffdosierer mit Förderband in die Hydrolyse eingetragen und dort mit

Rezirkulat und Frischgülle vermengt. Die Durchmischung der Behälter erfolgt mittels schnelldrehenden Rührwerken, teils als Tauchmotor-, teils als Langachsrührwerk mit außenliegenden Motoren ausgeführt.

Das im Gärprozess produzierte Biogas wird mittels interner biologischer Entschwefelung, einer Gaskühlung und einem Aktivkohlefilter gereinigt. Mittels mehrerer Gasgebläse erfolgt der Transport zu den Vor-Ort-BHKW und entfernten liegenden Motoren in den Heizhäusern der Stadtwerke. Insgesamt sind 1.175 kW elektrischer Nennleistung installiert. Der Großteil des Biogases wird in den Heizhäusern verbrannt, da dort durch das anstehende Wärmenetz eine hoher Nutzungsgrad erzielt werden kann. Die beiden kleineren BHKW am Anlagenstandort wurden während der Begleitung der Anlage nahezu wechselseitig betrieben, das heißt, eines lief permanent, das zweite wurde bedarfsweise zugeschaltet.

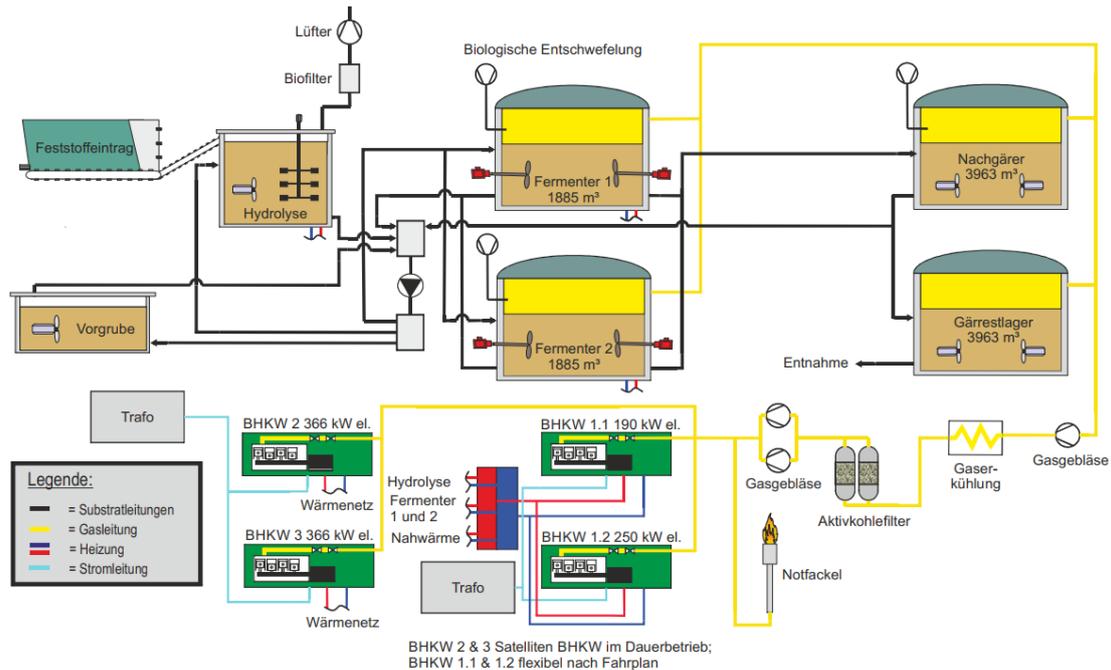


Abbildung 15-173: Anlagenschema der BGA 41

### 15.40.2 Möglichkeiten zur Beurteilung des Betriebs

Tabelle 15-113 gibt einen Überblick über die grundlegend vorhandene Messtechnik, um zugeführte Einsatzstoffmengen und produzierte Gas- bzw. Energiemengen beurteilen zu können. Zusätzlich wurde die BGA sehr intensiv beprobt. Mindestens monatlich wurden Proben aller Behälter gezogen und auf deren Prozessparameter hin untersucht. Der FOS/TAC-Wert wurde alle ein bis zwei Wochen analysiert.

Tabelle 15-113: Übersicht der vorhandenen Messtechnik der BGA 41

Zu erfassende Kenngröße	Art der Erfassung	Anmerkung
Feste Einsatzstoffe	Waage am Feststoffdosierer	Ablesung täglich
Flüssige Einsatzstoffe	Durchflussmengenähler für Gülle und Rezirkulat	Ablesung täglich
Gasqualität	Messung von CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S getrennt für Fermenter 1 und 2, Hydrolyse, Nachgärer und Reingas nach der Gasreinigungsstrecke	Messung regelmäßig Ablesung zweimal täglich
Produzierte Gasmenge	Separate Mengenzähler vor den BHKW	Tagessumme der Gasmenge einmal täglich übernommen
Strommenge	Messung der produzierten und eingespeisten Strommenge; BHKW 1.1 und 1.2 werden über einen gemeinsamen Einspeisetransformator geführt	Ablesung täglich am Trafo
Wärmemenge	Messung der externen Verbraucher (Wärmenetz der Heizhäuser und Wärmeversorgung der Betriebsgebäude der Biogasanlage)	Ablesung monatlich
Eigenstromverbrauch	Wird nicht gemessen, Überschlag durch Differenzbildung produzierter und eingespeister Strommengen möglich	Wird nicht gemessen
Eigenwärmebedarf	Wird nicht gemessen	Wird nicht gemessen

### 15.40.3 Anlagenbetrieb während des Messzeitraumes

Der an der Biogasanlage beteiligte landwirtschaftliche Betrieb stellte sämtliche Einsatzstoffe. Im Betrachtungszeitraum von September 2017 bis August 2018 wurden Rinder- und Schweinegülle als flüssige Fraktionen und Mais-Ganzpflanzensilage und Getreideschrot als feste Einsatzstoffe in die BGA eingebracht. Im Betrachtungszeitraum (1 Jahr) wurden ca. 14.000 t Maissilage, je 6.000 m<sup>3</sup> Rinder und Schweinegülle, sowie 460 t Getreideschrot gefüttert. Die prozentualen Anteile an der Gesamtfütterungsmenge können Abbildung 15-174 entnommen werden. Zusätzlich wurden täglich 20 kg Spurenelemente und jeden zweiten Tag 20 kg Eisenhydroxyd der Anlage zugeführt. Die Gesamtfütterungsmenge betrug durchschnittlich 72 t pro Tag. Um die Feststoffe einzumischen, wurden täglich 121 m<sup>3</sup> Rezirkulat aus dem Nachgärer in die Hydrolyse gepumpt.

Während der Anlagenbegleitung wurde das BHKW 1.2 installiert (Containerlösung), welches parallel bzw. wechselseitig zum BHKW 1.1 am Anlagenstandort betrieben wird. Die Inbetriebnahme erfolgte Mitte Dezember 2017. Des Weiteren mussten zeitintensive Reparatur- und Wartungsarbeiten im Betrachtungszeitraum durchgeführt werden. So kam es zu einem Sturmschaden Mitte Januar, infolgedessen das Gasspeicherdach des Nachgärers vollständig weggerissen wurde. Die Reparatur konnte erst in der zweiten Februarhälfte durchgeführt werden, was den Anlagenbetrieb nur in geringem Umfang beeinflusste. Auswirkungen auf die

Gasproduktion der Fermenter hatten die Reparatur eines Rührwerks des Fermenter 2 im April und eine konzertierte Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahme im August 2018. Hierbei wurden der Fermenter 1 ausgebaggert und dessen Heizung repariert, sowie die Hydrolyse vollständig entleert und das Eintragungssystem (Förderband und Feststoffdosierer) überholt. In beiden Fällen wurde die Fütterung halbiert, bzw. für wenige Tage komplett eingestellt (August 2018).

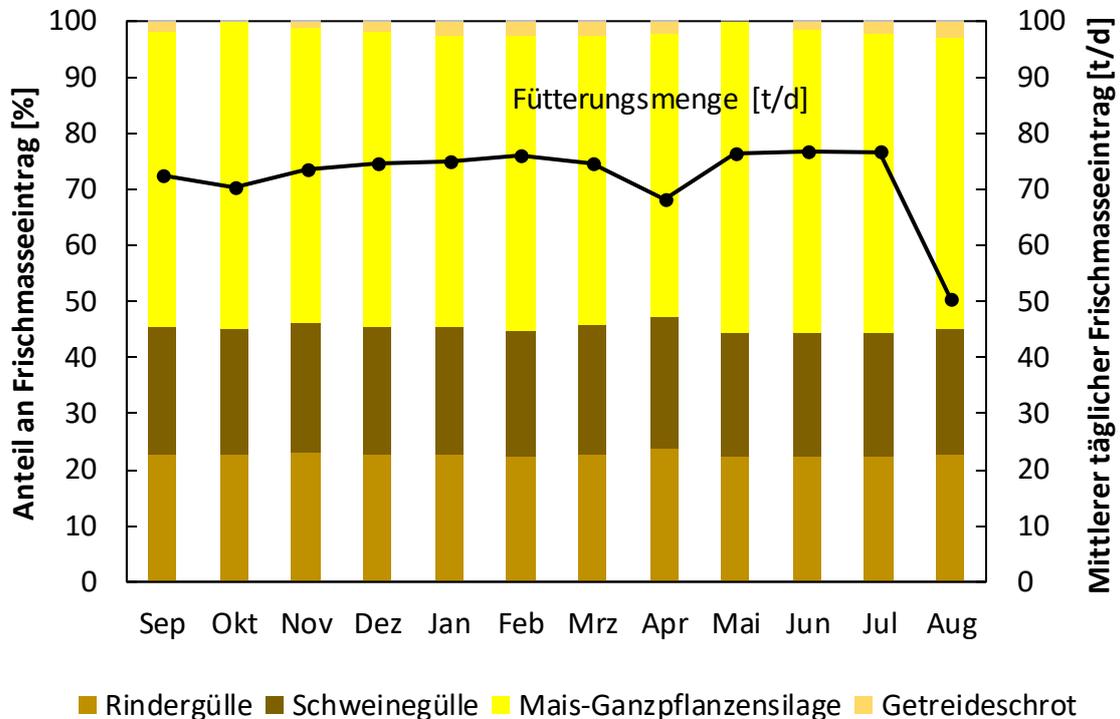


Abbildung 15-174: Zeitlicher Verlauf der Substratzusammensetzung und der zugeführten Substratmenge der BGA 41

Der biologische Prozess lief sehr stabil und wurde durch den Anlagenbetreiber intensiv kontrolliert. Der FOS/TAC - Wert beider Fermenter pendelt um 0,12 bis 0,13 (vgl. Abbildung 15-175). Die Raumbelastung der Fermenter beträgt 6,5 kg<sub>OTS</sub>/(m<sup>3</sup> d), die im Gesamtsystem 2,2 kg<sub>OTS</sub>/(m<sup>3</sup> d). Die hydraulische Verweilzeit beträgt rund 98 Tagen (Fermenter 1 und 2 sowie Nachgärbehälter).

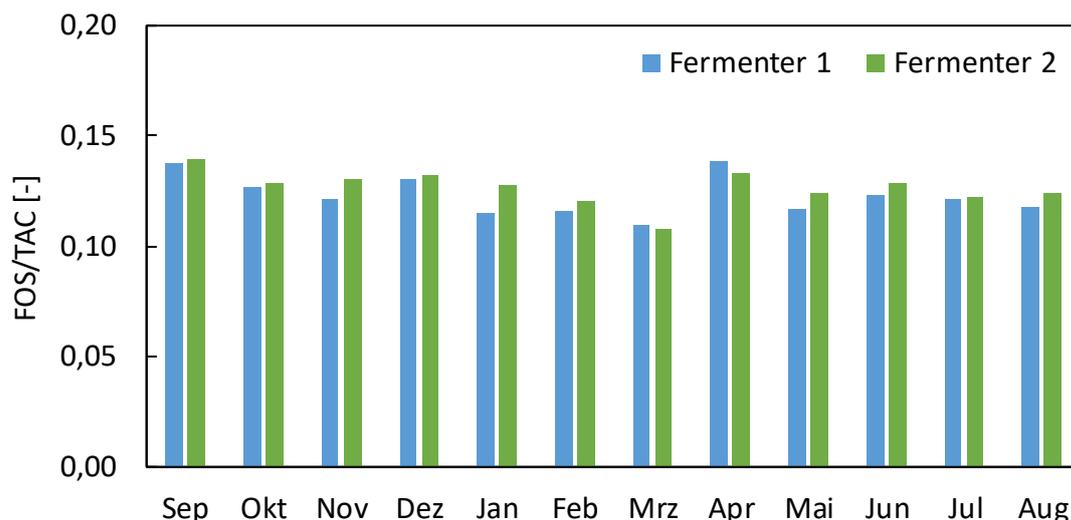


Abbildung 15-175: Zeitlicher Verlauf des FOS/TAC-Wertes der parallelbetriebenen Fermenter der BGA 41

Die elektrische Auslastung der BGA 41 erscheint mit durchschnittlich 67,5 % relativ gering. Dies liegt in erster Linie an den beiden Vor-Ort-BHKW, die bedarfsgerecht betrieben wurden und sich größten Teils in einem wechselseitigen Betrieb befanden. Durch den Zubau des BHKW 1.2 mit 250 kW elektrischer Nennleistung wurde der Anlagenstandort um mehr als das Doppelte überbaut (BHKW 1.1 mit 190 kW elektrischer Nennleistung), was zu einer scheinbaren Verminderung der Effizienz führte, obwohl die Anlage nahezu ganzjährig nahe der Bemessungsleistung betrieben wurde (mit Ausnahme der oben genannten Zeiträume zur Störungsbeseitigung und Instandsetzung). Die beiden Satelliten-BHKW erzielten eine durchschnittliche Auslastung von knapp 88 % bzw. 83 % (vgl. Abbildung 15-176) und lagen damit über den jeweiligen Monatsmittelwerten.

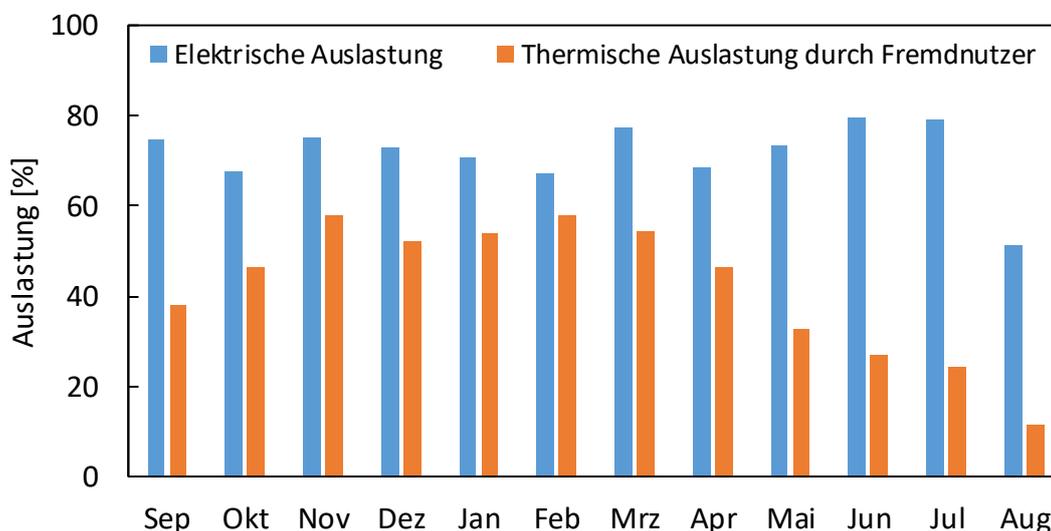


Abbildung 15-176: Zeitlicher Verlauf der gesamten elektrischen Auslastung und der theoretischen thermischen Auslastung durch Fremdnutzer der BGA 41

Die thermische Auslastung durch Fremdnutzer ist hoch. Am Anlagenstandort wurden nur die Betriebsräume der BGA beheizt. Die verbleibende Wärme diente maßgeblich zur Eigenwärmebedarf des Prozesses. Eine Messung der Wärmemengen für den Prozess erfolgte nicht. Die BHKW 2 und 3 in den Heizhäusern des Stadtwerks speisten nahezu die gesamte produzierte Wärme in das städtische Netz zur Wärme- und Warmwasserbereitstellung ein. Dies

sorgte für eine hohen Nutzungsgrad der produzierten Wärme durch Fremdnutzer (vgl. Abbildung 15-176).

Tabelle 15-114: Datenblatt der Biogasanlage 41

BGA 41									
<b>Allgemeine Angaben:</b>									
installierte elektrische Leistung	1.175 kW								
Inbetriebnahme	12.2009								
Zeitraum der Messphase	09.2017 - 08.2018								
Einsatzstoffe	NawaRo, tierische Exkrememente								
Gasverwertung	2 VOV-BHKW, 2 Satelliten-BHKW								
Erhalt Flexibilitätsprämie	nein								
Betriebsform	Gemeinschaftsanlage eines landwirtschaftlichen Betriebes und eines Stadtwerks; Landwirtschaftlicher Betrieb stellt Einsatzstoffe								
<b>Bauliche Anlagen:</b>						<b>Einsatzstoffe:</b>			
Benennung		<b>Hydrolyse</b>	<b>Fermenter 1</b>	<b>Fermenter 2</b>	<b>Nachgärer</b>	<b>Fermentersystem</b>	Mengenangaben in FM		
Anzahl		1	1	1	1		Gesamt-Jahresmenge	26.299	[t/a]
Reaktorvolumen	[m³]	201	1.885	1.885	3.963	7.934	Gesamt-Tagesmenge	72,1	[t/d]
Arbeitsvolumen	[m³]	191	1.649	1.649	3.600	7.089	Rindergülle	22,7	[%]
stehend / liegend	[-]	stehend	stehend	stehend	stehend		Schweinegülle	22,7	[%]
Gasspeichervolumen	[m³]	0	800	800	3.000	4.600	Mais-Ganzpflanzensilage	52,9	[%]
							Getreideschrot	1,8	[%]
							Additive	0,04	[%]
<b>Betriebsparameter:</b>						<b>Einsatzstoffmix</b>			
TS-Gehalt in FM	[%]		6,8	7,2			mittlerer TS-Gehalt in FM	23,2	[%]
oTS-Gehalt in TS	[%]		5,4	5,7			mittlerer oTS-Gehalt in TS	94,8	[%]
organische Raumbelastung in oTS	[kg/(m³ d)]					3,1 <sub>FS</sub>	mittlerer FoTS-Gehalt in TS	77,9	[%]
Verweilzeit	[d]					36 <sub>FS</sub>	<b>Rezirkulat (zusätzlich zum Einsatzstoffmix):</b>		
oTS-Abbau	[%]					86 <sub>GSV</sub>		121,0	[t/d]
FoTS-Ausbeute	[%]					103 <sub>GSV</sub>	<b>Gärrestlager:</b>		
CH <sub>4</sub> -Produktivität	[m³/(m³ d)]					0,8 <sub>FS</sub>	Anzahl	1	
BG-Produktivität	[m³/(m³ d)]					1,4 <sub>FS</sub>	Lagerkapazität gasdicht	3.600	[m³]
pH	[-]		7,9	7,9			Lagerkap. nicht gasdicht / offen	0	[m³]
Temperatur	[°C]	40	43	44	40		Gaspeichervolumen	3.000	[m³]
NH <sub>4</sub> -N in FM	[g/kg]		2,4	2,3			relatives Restmethanpotential	4,1	[%]
N <sub>ges</sub> -N in FM	[g/kg]		4,6	4,8			TS-Gehalt im Gärrest in FM	4,5	[%]
Essigsäureäquivalent in FM	[mg/l]		116	171			oTS-Gehalt im Gärrest in TS	71,2	[%]
FOS/TAC	[-]		0,12	0,13					
<b>Gasverwertung:</b>						<b>Gasproduktion:</b>			
Netto-Methannutzungsgrad	[%]	55				Messung nach AKF			
		<b>BHKW 1.1</b>	<b>BHKW 1.2</b>	<b>BHKW 2</b>	<b>BHKW 3</b>	<b>Gaszusammensetzung</b>			
Motorotyp		GO	GO	GO	GO	[Vol-%]	CH <sub>4</sub>	57,6	
Standort		VOV	VOV	Satellit	Satellit	[Vol-%]	CO <sub>2</sub>	38,7	
Inbetriebnahme		31.12.2009	21.12.2017	31.12.2009	22.12.2011	[Vol-%]	O <sub>2</sub>	0,6	
elektr. Nennleistung	[kW]	191	252	366	366	[ppm]	H <sub>2</sub> S	0,6	
therm. Nennleistung	[kW]	230	299	409	409	<b>Mittlere Gasausbeuten Einsatzstoffmix</b>			
elektr. Wirkungsgrad	[%]	38,7	38,4	39,3	39,3	[m³/t] in FM	Biogas	Methan	
therm. Wirkungsgrad	[%]	46,7	45,6	43,9	43,9	[m³/t] in oTS	136	78	
Betriebsweise BHKW	[-]	Volllast	Volllast	Volllast	Volllast		618	356	
Jahresbetriebsstunden	[h/a]	5.172	4.059	8.328	7.978	<b>Stromproduktion</b>			
theor. Volllaststunden	[h/a]	4.963	3.749	7.689	7.241	[kWh/d]	20.157		
elektr. Arbeitsausnutzung	[%]	57	43	88	83	[kWh/t]	280		
GO - Gas-Otto-Motor; ZS - Zündstrahl-Motor; BG - Biogas									
<b>Eigenstrombedarf:</b>						<b>Wärmeverwertung:</b>			
	[kWh/a]					[kWh/a]			
BGA gesamt:	706.023	10 [% der Stromproduktion]		Betriebsgebäude	55.390	1 [% der Wärmeproduktion]			
BHKW 2 & 3 (Nicht am BGA Standort):	73.907	1 [% der Stromproduktion]		Nahwärmenetz	4.874.630	58 [% der Wärmeproduktion]			

Tabelle 15-115:           Ökonomisches Datenblatt für die Biogasanlage 41 im Jahr 2017

BGA 41				
installierte elektrische Leistung	1.175	kW	eingespeiste Strommenge 2017	6.759.132 kWh
elektrische Höchstbemessungsleistung	877	kW	Gesamtinvestitionsvolumen	5.102.854 €
<b>Leistungen</b>				
Stromerlöse (exklusive KWK-Bonus)	80,28	%		1.390.354 €/a
Wärmeerlöse (inklusive KWK-Bonus)	19,56	%		338.733 €/a
Sonstige Erlöse	0,16	%		2.691 €/a
<b>Gesamterlöse</b>	<b>100</b>	<b>%</b>		<b>1.731.778 €/a</b>
<b>Kosten</b>				
Substratkosten	36,68	%		529.961 €/a
<i>davon Kosten für NawaRo</i>				
<i>Mais</i>	36,53	€/t		447.237 €/a
<i>Gras</i>	-	€/t		- €/a
<i>Restliche NawaRo</i>	140,00	€/t		45.220 €/a
Personalkosten	9,06	%		130.896 €/a
Instandhaltungskosten	15,44	%		223.085 €/a
Abschreibungen	22,80	%		329.472 €/a
Sonstige Betriebskosten	16,02	%		231.545 €/a
<i>davon</i>				
<i>Zündöl</i>				- €/a
<i>Strombezug<sup>1</sup></i>				- €/a
<i>Miete und Pacht</i>				- €/a
<i>Maschinenmiete und Leasing</i>				34.168 €/a
<i>Prozessbetreuung und Beratung</i>				2.676 €/a
<i>Versicherungen, Beiträge und Abgaben</i>				29.864 €/a
<i>Berufsgenossenschaft</i>				400 €/a
<i>Sonst. Schmierstoffe und Betriebsmittel</i>				- €/a
<i>Zinszahlungen</i>				72.498 €/a
<i>Buchführung und Verwaltung</i>				- €/a
<i>Sonstiges</i>				91.938 €/a
<b>Gesamtkosten</b>	<b>100</b>	<b>%</b>		<b>1.444.960 €/a</b>
<b>Bilanz</b>				
Gesamterlöse			25,62	ct/kWh
Stromgestehungskosten			21,38	ct/kWh
Betriebszweigergebnis			4,24	ct/kWh
<b>Betriebszweigergebnis</b>			<b>286.818</b>	<b>€/a</b>

<sup>1</sup> Überschusseinspeisung

## 15.41 Biogasanlage 42

### 15.41.1 Anlagenbeschreibung

Die Biogasanlage 42 steht in Thüringen wurde im Jahr 2007 in Betrieb genommen. Sie ist in einen landwirtschaftlichen Betrieb integriert, welcher neben Feldbau auch eine Milchviehhaltung betreibt. Die Gärstrecke der Biogasanlage besteht aus einem Fermenter und einem Nachgärbehälter. Der Fermenter und Nachgärer sind baugleich als Stahlbeton-Rundbehälter mit Tauchmotor-Rührwerken ausgeführt und fassen jeweils ein Nutzvolumen von 2.800 m<sup>3</sup>. Beide Behälter sind mit einem Doppelmembran-Gasspeicherdach (Tragluftdächer) ausgestattet. Das Gasspeichervolumen beträgt jeweils 1.400 m<sup>3</sup>. Nachgeschaltet ist ein Stahlbetonrundbehälter mit der Funktion als Gärrestlager mit einem Nutzvolumen von 3.400 m<sup>3</sup>. Das Gärrestlager ist gasdichtabgedeckt und fasst ein Gasspeichervolumen von 1.700 m<sup>3</sup>. Somit ist insgesamt ein Gasspeichervolumen von 4.500 m<sup>3</sup> an der BGA verfügbar. Als Vorlage für die Feststoffe dient ein Feststoffdosierer mit 60 m<sup>3</sup> Lagervolumen. Flüssige Substrate werden in einem emissionsarm abgedeckten Güllebehälter mit 275 m<sup>3</sup> Lagervolumen vorgehalten. Die Gasverwertung erfolgt über ein Vorort-BHKW mit einer elektrischen Leistung von 537 kW. Nachfolgen wird eine Ansicht der Anlage gezeigt (vgl. Abbildung 15-177).



Abbildung 15-177: Anlagenansicht Fermenter und gasdichtes Gärrestlager

Die Anlage wird als Volleinspeise-Anlage betrieben. Das produzierte Biogas wird mittels interner Lufteinblasung entschwefelt und nach einer Gaskühlung über ein Aktivkohlefilter zum Gasverdichter geleitet. Die Leistung der BHKW werden über den Füllstand im Gasspeicher geregelt. Benachbarte Betriebsgebäude sowie die Milchviehanlage sind externe Wärmeabnehmer und über ein Nahwärmenetz angeschlossen. Kenndaten zur Anlage können aus dem Datenblatt (vgl. Tabelle 15-117) entnommen werden. Nachfolgende Abbildung 15-178 zeigt das Anlagenschema.

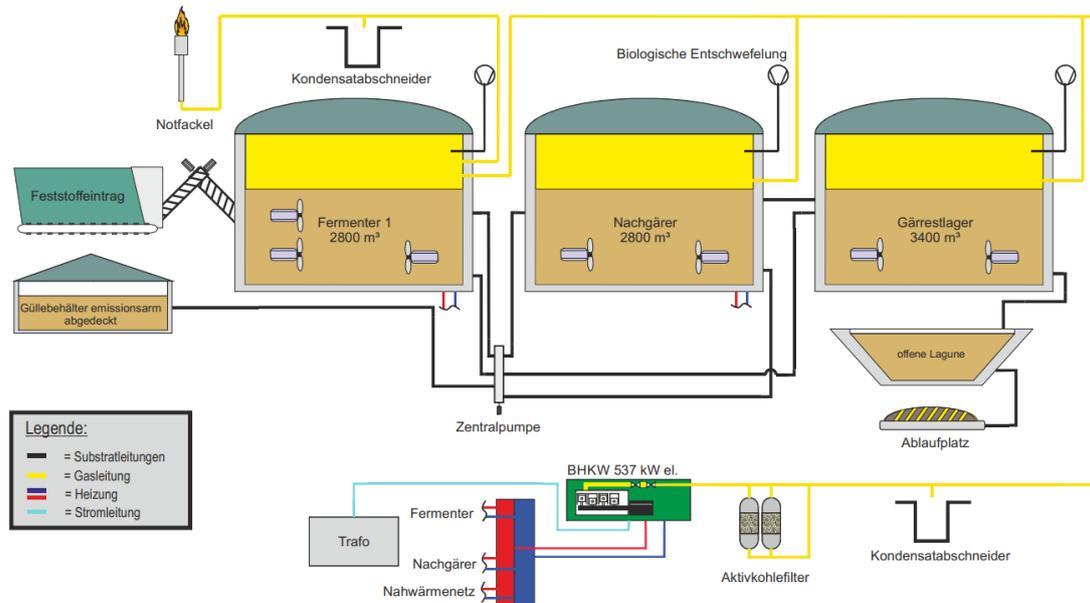


Abbildung 15-178: Anlagenschema BGA 42

### 15.41.2 Möglichkeiten zur Beurteilung des Betriebs

Die Tabelle 15-116 gibt einen Überblick über die grundlegend vorhandene Messtechnik, um zugeführte Einsatzstoffmengen und produzierte Gas- bzw. Energiemengen beurteilen zu können. Zusätzlich wurde die BGA sehr intensiv beprobt. Mindestens monatlich wurden Proben aller Behälter gezogen und auf deren Prozessparameter hin untersucht. Der FOS/TAC-Wert der wurde sogar alle ein bis zwei Wochen analysiert.

Tabelle 15-116: Übersicht der vorhandenen Messtechnik der BGA 42

Zu erfassende Kenngröße	Art der Erfassung	Anmerkung
Feste Einsatzstoffe	Waage am Feststoffdosierer	Ablesung täglich
Flüssige Einsatzstoffe	Durchflussmengenähler für Gülle	Ablesung täglich
Gasqualität	Messung von CH <sub>4</sub> , O <sub>2</sub> , vor Aktivkohlefilter (AKF), H <sub>2</sub> S-Messung nach AKF	Ablesung mehrmals täglich
Produzierte Gasmenge	Separater Mengenzähler vor den BHKW	Tagessumme der Gasmenge einmal täglich übernommen
Strommenge	Messung der produzierten und eingespeisten Strommenge;	Ablesung täglich
Wärmemenge	Messung der externen Verbraucher (Wärmeversorgung der Betriebsgebäude und Milchviehanlage)	Ablesung täglich
Eigenstromverbrauch	Separate Messung Biogasanlage und BHKW-Modul	Ablesung täglich
Eigenwärmebedarf	Separater Messung BGA	Ablesung täglich

### 15.41.3 Anlagenbetrieb während des Messzeitraumes

Die Biogasanlage 42 wurde im Zeitraum von August 2017 bis Juli 2018 messtechnisch begleitet. In diesem Zeitraum wurde maßgeblich Rindergülle aus dem eigenen Betrieb (vgl. Abbildung 15-179) eingesetzt. Der Anteil an Rindergülle als Substrat lag durchschnittlich bei ca. 85 %. Ergänzend wurden Mais-Ganzpflanzensilage und Grassilage sowie geringe Mengen an Getreideschrot und Grünhafer-Ganzpflanzensilage gefüttert. Getreideschrot und Grünhafer-Ganzpflanzensilage wurden eher zum Anfang des Betrachtungszeitraumes eingesetzt sowie Grassilage nur sporadisch als verbliebene Restmengen verwertet. Die hohe mittlere tägliche Fütterungsmenge von ca. 94 t/d ist auf den große Menge Rindergülle zurückzuführen. Auffällig ist, dass die Substratzusammensetzung innerhalb des Betrachtungszeitraumes relativ konstant ist. Größere Prozessstörungen traten im Betrachtungszeitraum nicht auf. Neben mehreren kurzzeitigen Ausfällen des BHKW, erfolgte in den Monaten April und Mai 2018 eine kurzzeitige Reduzierung der Substratzugabe.

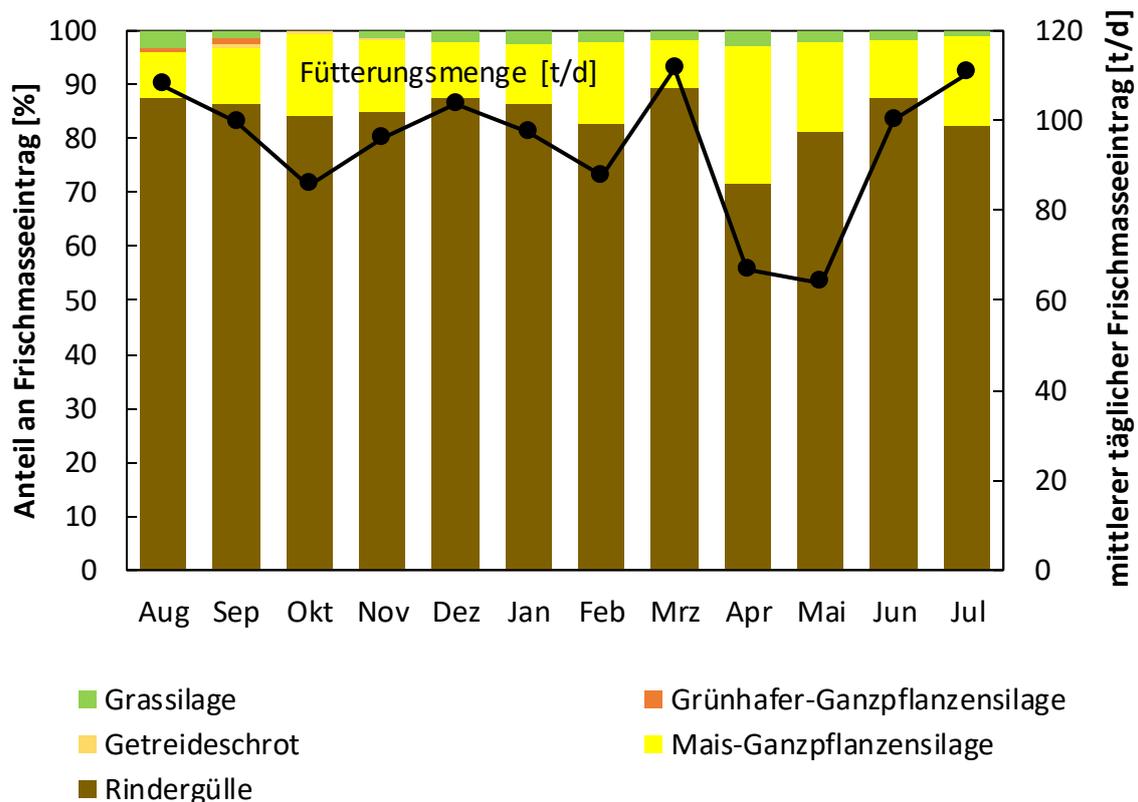


Abbildung 15-179: Zeitlicher Verlauf der Substratzusammensetzung und der zugeführten Substratmenge der BGA 42

Die Verweilzeiten liegen im Mittel bei 31 Tagen im Fermenter und 61 Tagen innerhalb der gesamten Gärstrecke (vgl. Tabelle 15-117). Die Raumbelastung liegt im üblichen Bereich. Im Fermenter betrug die organische Last  $3,3 \text{ kg}_{\text{OTS}} / (\text{m}^3 \text{ d})$  im Jahresmittel, innerhalb der gesamten Gärstrecke lag diese bei  $1,6 \text{ kg}_{\text{OTS}} / (\text{m}^3 \text{ d})$ . Der FOS/-TAC-Wert des Fermenters bewegte sich im Bereich von 0,10 bis 0,15 (vgl. Abbildung 15-180).

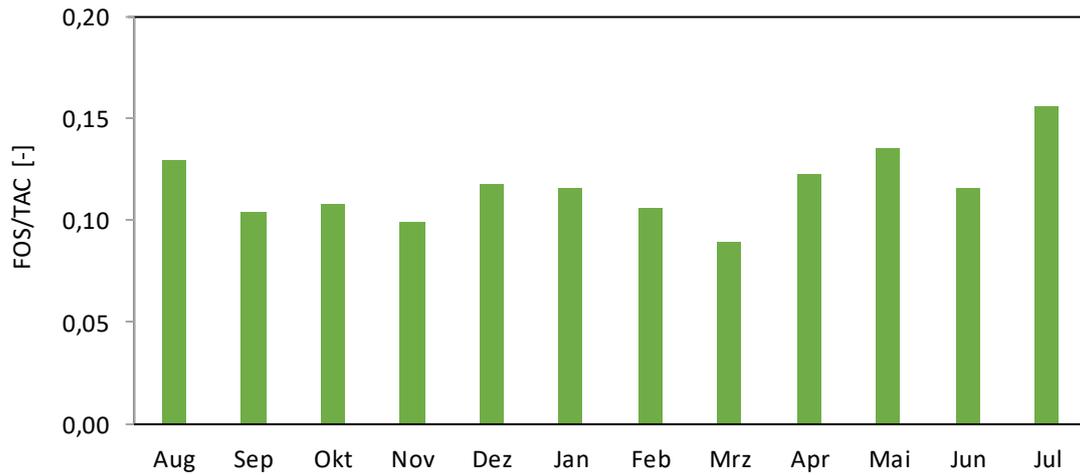


Abbildung 15-180: Zeitlicher Verlauf des FOS/TAC-Wertes des Fermenters der BGA 42

Die elektrische Auslastung des BHKW ist im Jahresdurchschnitt mit 95 % relativ hoch. In den Monaten Juni und Juli 2017 sank die Auslastung unter 90 %, was auf Ausfälle des BHKW rückföhrbar ist. Die thermische Auslastung durch Fremdnutzer ist ausbaufähig und liegt im Jahresdurchschnitt bei 33 % (vgl. Abbildung 15-181).

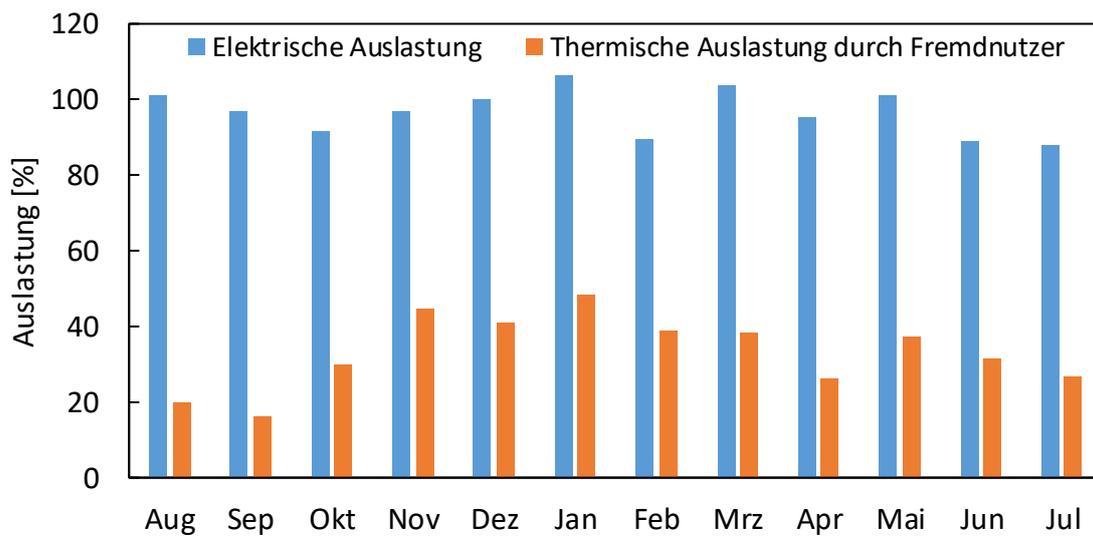


Abbildung 15-181: Zeitlicher Verlauf der gesamten elektrischen Auslastung und der theoretischen thermischen Auslastung durch Fremdnutzer der BGA 42

Tabelle 15-117: Datenblatt der Biogasanlage 42

BGA 42					
<b>Allgemeine Angaben:</b>					
installierte elektrische Leistung	537 kW				
Inbetriebnahme	11.2007				
Zeitraum der Messphase	08.2017 - 07.2018				
Einsatzstoffe	NawaRo, tierische Exkremente				
Gasverwertung	1 VOV-BHKW				
Erhalt Flexibilitätsprämie	nein				
Betriebsform	mit angeschlossenen landwirtschaftlichen Betrieb mit Milchviehhaltung und Ackerbau				
<b>Bauliche Anlagen:</b>				<b>Einsatzstoffe:</b>	
Benennung		<b>Fermenter</b>	<b>Nachgärer</b>	<b>Fermentersystem</b>	Mengenangaben in FM
Anzahl		1	1		Gesamt-Jahresmenge 34.409 [t/a]
Reaktorvolumen	[m³]				Gesamt-Tagesmenge 94 [t/d]
Arbeitsvolumen	[m³]	2.800	2.800	5.600	Rindergülle 84,9 [%]
stehend / liegend	[-]	stehend	stehend		Maissilage 13,0 [%]
Gasspeichervolumen	[m³]	1.400	1.400	2.800	Grassilage 1,8 [%]
					Getreideschrot 0,1 [%]
					Grünhafersilage 0,2 [%]
<b>Betriebsparameter:</b>					
TS-Gehalt in FM	[%]	6,0	4,9		mittlerer TS-Gehalt in FM 11,2 [%]
oTS-Gehalt in TS	[%]	73,0	70,4		mittlerer oTS-Gehalt in TS 81,2 [%]
organische Raumbelastung in oTS	[kg/(m³ d)]			1,6 <sub>FS</sub>	mittlerer FoTS-Gehalt in TS 45,2 [%]
Verweilzeit	[d]			61 <sub>FS</sub>	
oTS-Abbau	[%]			69 <sub>GSY</sub>	
FoTS-Ausbeute	[%]			126 <sub>GSY</sub>	
CH <sub>4</sub> -Produktivität	[m³/(m³ d)]			0,6 <sub>FS</sub>	
BG-Produktivität	[m³/(m³ d)]			1,1 <sub>FS</sub>	
pH	[-]	7,9			
Temperatur	[°C]	44			
NH <sub>4</sub> -N in FM	[g/kg]	1,9			
N <sub>ges</sub> -N in FM	[g/kg]	3,8			
Essigsäureäquivalent in FM	[mg/l]	118			
FOS/TAC	[-]	0,12			
GO - Gas-Otto-Motor; ZS - Zündstrahl-Motor; BG - Biogas					
<b>Gasverwertung:</b>				<b>Gasproduktion:</b>	
				Messung	nach AKF
				<b>Gaszusammensetzung</b>	
				[Vol-%]	CH <sub>4</sub> 52,2
				[Vol-%]	CO <sub>2</sub> -
				[Vol-%]	O <sub>2</sub> 0,4
				[ppm]	H <sub>2</sub> S 200
				<b>Mittlere Gasausbeuten Einsatzstoffmix</b>	
					Biogas Methan
				[m³/t] in FM	66 35
				[m³/t] in oTS	727 380
				<b>Stromproduktion</b>	
				[kWh/d]	12.291
				[kWh/t]	130
GO - Gas-Otto-Motor; ZS - Zündstrahl-Motor; BG - Biogas					
<b>Eigenstrombedarf:</b>			<b>Wärmeverwertung:</b>		
	[kWh/a]			[kWh/a]	
BGA gesamt	387.291	9 [% der Stromproduktion]	Eigenbedarf BGA	1.271.500	32 [% der Wärmeproduktion]
davon BHKW	186.672	4 [% der Stromproduktion]	Nahwärmenetz	1.535.000	39 [% der Wärmeproduktion]
davon BGA	200.619	5 [% der Stromproduktion]			

Tabelle 15-118:           Ökonomisches Datenblatt für die BGA 42 im Jahr 2017

BGA 42				
installierte elektrische Leistung	537	kW	eingespeiste Strommenge 2017	4.503.464 kWh
elektrische Höchstbemessungsleistung	510	kW	Gesamtinvestitionsvolumen	1.580.000 €
<b>Leistungen</b>				
Stromerlöse (exklusive KWK-Bonus)	89,86	%		886.669 €/a
Wärmeerlöse (inklusive KWK-Bonus)	2,96	%		29.216 €/a
Sonstige Erlöse	7,18	%		70.835 €/a
<b>Gesamterlöse</b>	<b>100</b>	<b>%</b>		<b>986.720 €/a</b>
<b>Kosten</b>				
Substratkosten	24,37	%		140.448 €/a
<i>davon Kosten für NawaRo</i>				
<i>Mais</i>	34,33	€/t		121.528 €/a
<i>Gras</i>	22	€/t		11.132 €/a
<i>Restliche NawaRo</i>	79,10	€/t		7.788 €/a
Personalkosten	4,88	%		28.140 €/a
Instandhaltungskosten	24,54	%		141.430 €/a
Abschreibungen	14,38	%		82.883 €/a
Sonstige Betriebskosten	31,82	%		183.363 €/a
<i>davon</i>				
<i>Zündöl</i>				- €/a
<i>Strombezug</i>				79.886 €/a
<i>Miete und Pacht</i>				- €/a
<i>Maschinenmiete und Leasing</i>				- €/a
<i>Prozessbetreuung und Beratung</i>				25.000 €/a
<i>Versicherungen, Beiträge und Abgaben</i>				- €/a
<i>Berufsgenossenschaft</i>				- €/a
<i>Sonst. Schmierstoffe und Betriebsmittel</i>				1.500 €/a
<i>Zinszahlungen</i>				27.947 €/a
<i>Buchführung und Verwaltung</i>				- €/a
<i>Sonstiges</i>				49.030 €/a
<b>Gesamtkosten</b>	<b>100</b>	<b>%</b>		<b>576.265 €/a</b>
<b>Bilanz</b>				
Gesamterlöse			21,91	ct/kWh
Stromgestehungskosten			12,80	ct/kWh
Betriebszweigergebnis			9,11	ct/kWh
<b>Betriebszweigergebnis</b>			<b>410.455</b>	<b>€/a</b>

## 15.42 Biogasanlage 43

### 15.42.1 Anlagenbeschreibung

Die Biogasanlage 43 wird im Messprogramm bereits als Biogasanlage 13 geführt, an dieser Stelle jedoch nochmals begutachtet, da eine bauliche Erweiterung um einen Nachgärbehälter stattfand. Die Biogasanlage wurde als BGA 13 im Zeitraum von Oktober 2016 bis September 2017 und als BGA 43 von Oktober 2017 bis September 2018 begleitet. Mit dem Bau des Nachgärbehälters wurde im März 2017 begonnen, die Inbetriebnahme erfolgte im November 2017. Der in Stahlbeton ausgeführte Behälter besitzt ein Netto-Arbeitsvolumen von rund 4.400 m<sup>3</sup>, ist beheizbar ausgeführt und mit einem Doppelmembrantragluftfoliendach zur Zwischenspeicherung des Biogases von rund 3.000 m<sup>3</sup> ausgestattet. Auf Grund dessen, dass es sich um einen aktiv beheizbaren Gärbehälter handelt, wird von einem Nachgärbehälter gesprochen. Der Behälter ist dem Fermenter 2 in Reihe nachgeschaltet, sodass die Anlage nun dreistufig arbeitet. Zur Durchmischung wurden vier Tauchmotorrührwerke installiert. Abbildung 15-182 und Abbildung 15-183 zeigen die Anlage sowie das Anlagenschema der BGA 43.



Abbildung 15-182: Feststoffdosierer, Fermenter1 und neu errichteter Nachgärbehälter (links) der Biogasanlage 43

Ziel der Erweiterung war die Verringerung der Emissionen und die Steigerung der Gasausbeute durch Verlängerung der Verweilzeit. Zudem sollte sukzessive der Einsatz von Rinderfestmist ermöglicht und Mais-Ganzpflanzensilage anteilig ersetzt werden. Hierfür wurde der Nachgärbehälter mit einer eigenen Exzentrerschneckenpumpe ausgestattet, um ein Rezirkulieren von Material aus dem Nachgärer in Fermenter 1 und Fermenter 2 zu ermöglichen. Die übrige Anlagenkonfiguration blieb unverändert und entspricht den Beschreibungen zur BGA 13.

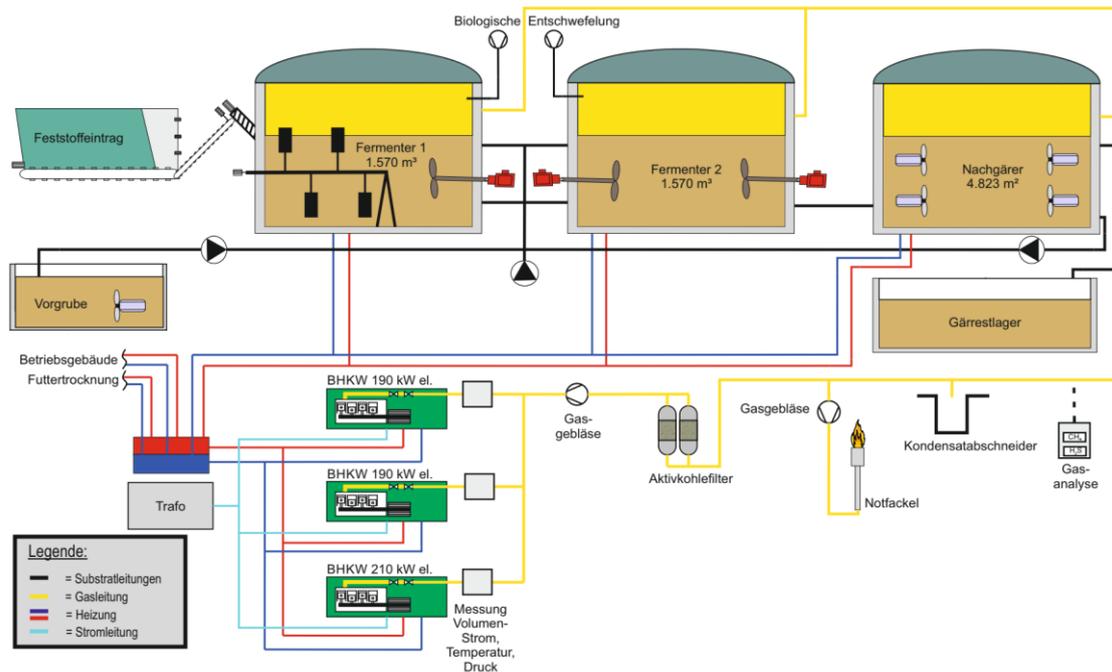


Abbildung 15-183: Anlagenschema BGA 43

### 15.42.2 Möglichkeiten zur Beurteilung des Betriebs

Die messtechnische Ausstattung der BGA ist in Tabelle 15-119 aufgelistet. Feste Substrate werden mittels einer Silofräse zum Feststoffdosierer transportiert und mittels Wiegezellen der Silofräse genau erfasst. Flüssige Einsatzstoffe werden mittels Durchflussmengenähler gemessen. Die Beurteilung des Gasertrages wird anhand der produzierten Strommengen durchgeführt. Ein direkter Abgleich zwischen produziertem Biogasnormvolumenstrom und tabellierten Ertragswerten erfolgt nicht, obwohl dies mit Einschränkungen möglich wäre. Der Eigenverbrauch zur Beheizung der Fermenter wird nicht erfasst.

Tabelle 15-119: Übersicht der vorhandenen Messtechnik der BGA 43

Zu erfassende Kenngröße	Art der Erfassung	Anmerkung
Feste Einsatzstoffe	Erfassung per Silofräse	
Flüssige Einsatzstoffe	Durchflussmengenähler	Ablesung täglich
Gasqualität	Gasanalysegerät CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S	Messung regelmäßig Ablesung zweimal täglich
Gaszähler	Je BHKW ein Volumenstromzähler; zusätzlich Temperatur und Druckerfassung	Tagessumme der Gasmenge einmal täglich übernommen; keine Ausgabe des Normvolumenstroms zum Abgleich des Gasertrages mit dem theoretisch möglichen Gasertrag; Temperatur und Druckerfassung zum Teil an anderen Stellen als die Mengenerfassung verbaut
Stromzähler	Zähler am BHKW und am Einspeisetransformator	Tägliche Ablesung am BHKW Monatlich am Trafo
Eigenstromverbrauch	Separate Zähler zur Erfassung des Verbrauches für Biogasanlage und BHKW	Tägliche Ablesung
Eigenwärmeverbrauch	Wird nicht gemessen	

### 15.42.3 Anlagenbetrieb während des Messzeitraumes

Mit der Inbetriebnahme des Nachgärbehälters im November 2017 erfolgte das Entleeren des Fermenter 2. Dieser wurde geöffnet und umfangreich gewartet. In diesem Zeitraum (knapp 14 Tage) wurde die Fütterung der Feststoffe halbiert bzw. teilweise eingestellt. Die Gasproduktion verringerte sich, sodass BHW 2 abgeschaltet wurde. Drei Wochen nach Beginn der Wartung des Fermenter 2 konnten alle BHKW wieder mit Volllast betrieben werden. Ab Anfang August 2018 erfolgte die Generalüberholung des Fermenter 1. Über einen Zeitraum von drei Wochen wurden Holzbalkendecke, Heizung, Dosierer und Förderband sowie ein Rührwerk erneuert. Hierfür wurde der Fermenter 1 vollständig entleert, die Fütterung erfolge ausschließlich mit Gülle und geringen Mengen Getreideschrot über die Vorgrube direkt in Fermenter 2. Der bestimmungsmäßige Betrieb mit einer Vollaustung der BHKW konnte nach insgesamt viereinhalb Wochen wiederhergestellt werden.

Neben den technischen Umbauten sowie Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an den Gärbehältern, wurde versucht den Einsatz von Rindermist zu erhöhen. Diese führte allerdings zu einer hohen Belastung des Fermenter 1. Dieser musste im April / Mai entleert und die Rührwerke gewechselt werden. Die Auswirkungen auf den Prozess können in Abbildung 15-185 und Abbildung 15-186 entnommen werden. Die versagende Durchmischung des Fermenter 1 führten zu einem Anstieg des FOS/TAC-Wertes. Zudem mussten die BHKW zeitweise außer Betrieb genommen werden, mit negativen Auswirkungen auf die Auslastung der Anlage. Ab Mai wurde der Einsatz von Rindermist vorläufig ausgesetzt. Erst nach der Instandsetzung des Fermenter 1 im August, erfolgte die Wiederaufnahme der Fütterung von Rindermist zum September 2018. Ergänzt wurde die Rindermistzugabe in Fermenter 1 von Rezirkulat (25 m<sup>3</sup>/d) aus dem Nachgärbehälter. Im Jahresdurchschnitt wurden täglich rund 66 t Frischmasse gefüttert, wovon Rindergülle mit rund 76 % und Maissilage mit knapp 18 % die beiden größten Fraktionen darstellen (vgl. Abbildung 15-184)

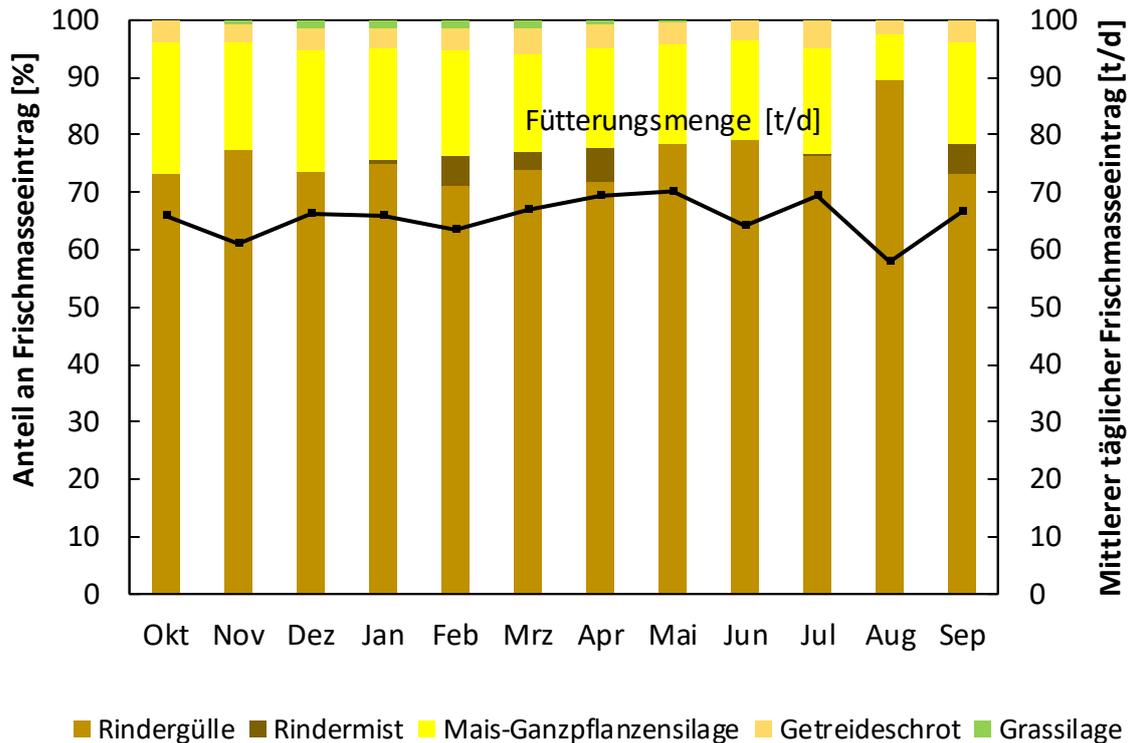


Abbildung 15-184: Zeitlicher Verlauf der Substratzusammensetzung und der zugeführten Substratmenge der BGA 43

Die Anlage hatte ein schwieriges Betriebsjahr zu verzeichnen. Während der Bau und die Einbindung des Nachgärbehälters parallel und ohne maßgeblichen Einfluss auf den laufenden Betrieb der Anlage erfolgte, stellten die Revisionen der Fermenter und die Einbindung von Rinderfestmist in die Fütterung große Herausforderungen dar. Ein stabiler Betrieb konnte sich im Verlaufe der Anlagenbegleitung nicht einstellen. Abbildung 15-185 stellt den Verlauf der monatlich erhobenen FOS/TAC- Werte dar.

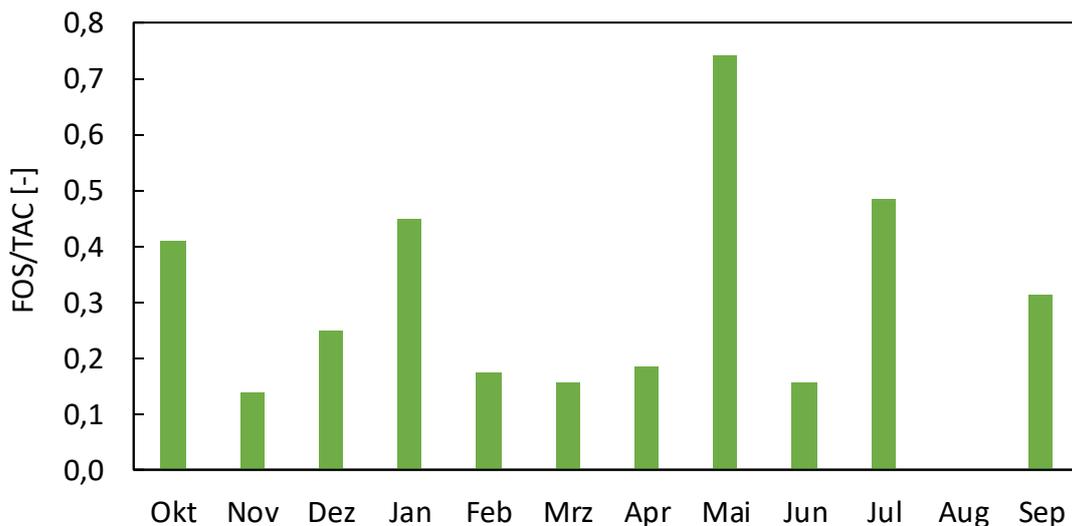


Abbildung 15-185: Zeitlicher Verlauf des FOS/TAC-Wertes des Fermenter 1 der BGA 43 (August 2018: keine Daten vorhanden - Revision Fermenter 1)

Die mittlere elektrische Auslastung im Betrachtungszeitraum betrug 88 %. Hierbei sind die Monate November 2017, Mai 2018 und August 2018 hervorzuheben, in denen die Auslastung teilweise weit unter den Mittelwert fällt. Grund sind die genannten Revisionen und Prozessstörungen. Die thermische Auslastung sinkt im Vergleich zum vorhergehenden Betrachtungszeitraum (vgl. BGA 13). Im Jahresdurchschnitt lag diese bei 34 % der produzierten Wärmemenge (vgl. Abbildung 15-186).

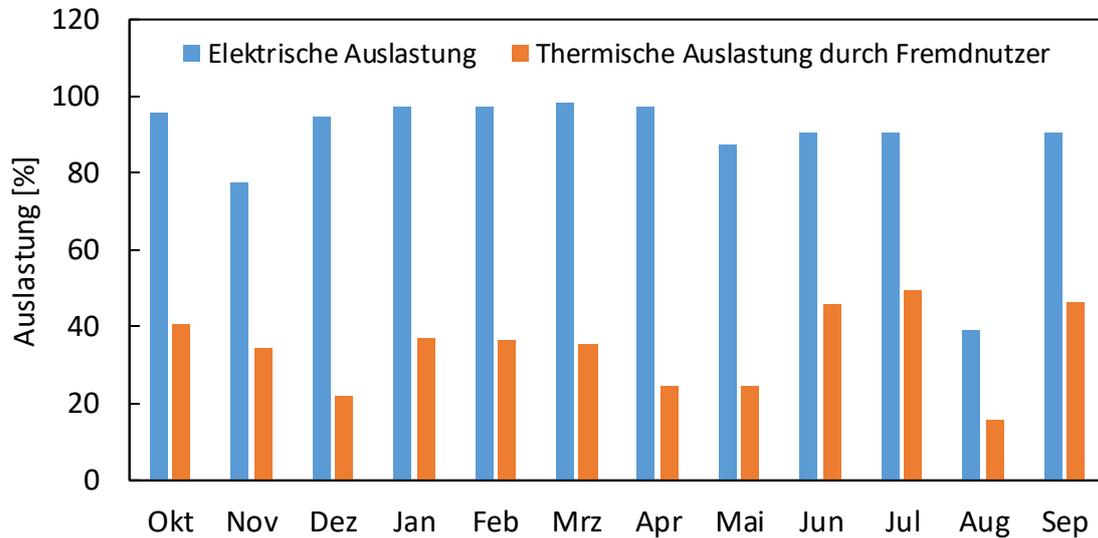


Abbildung 15-186: Zeitlicher Verlauf der gesamten elektrischen Auslastung und der theoretischen thermischen Auslastung durch Fremdnutzer der BGA 43

Tabelle 15-120: Datenblatt der Biogasanlage 43

BGA 43							
<b>Allgemeine Angaben:</b>							
installierte elektrische Leistung	590 kW						
Inbetriebnahme	04.2008						
Zeitraum der Messphase	10.2017 - 09.2018						
Einsatzstoffe:	NawaRo, tierische Exkremente						
Gasverwertung:	3 VOV-BHKW						
Erhalt Flexibilitätsprämie	nein						
Betriebsform	Anschluss an einen landwirtschaftlichen Betrieb mit Viehhaltung und Ackerbau						
<b>Bauliche Anlagen</b>				<b>Einsatzstoffe</b>			
Benennung		<b>Fermenter 1</b>	<b>Fermenter 2</b>	<b>Nachgärer</b>	<b>Fermentersystem</b>	Mengenangaben in FM	
Anzahl		1	1	1		Gesamt-Jahresmenge 23.949 [t/a]	
Reaktorvolumen [m³]	1.570	1.570	4.823		7.963	Gesamt-Tagesmenge 65,6 [t/d]	
Arbeitsvolumen [m³]	1.437	1.437	4.421		7.295	Rindergülle 76,0 [%]	
stehend / liegend	stehend	stehend	stehend			Rindermist 1,7 [%]	
Gasspeichervolumen [m³]	780	780	3.000		4.560	Maissilage 17,9 [%]	
<b>Betriebsparameter</b>				<b>Einsatzstoffmix</b>			
TS-Gehalt in FM [%]	8,7						Getreideschrot 3,8 [%]
oTS-Gehalt in TS [%]	76,2						Grassilage 0,6 [%]
organische Raumbelastung in oTS [kg/(m³ d)]							<b>Einsatzstoffmix</b>
Verweilzeit [d]							mittlere TS-Gehalt 17,8 [%]
oTS-Abbau bezogen auf Einsatzstoffe [%]							mittlere oTS-Gehalt 90,3 [%]
FoTS-Ausbeute [%]							mittlere FoTS-Gehalt 64,6 [%]
CH <sub>4</sub> -Produktivität [m³/(m³ d)]							
BG-Produktivität [m³/(m³ d)]							
pH [-]	7,7						<b>Gärrestlager</b>
Temperatur [°C]	40,7	42,1	32,7				Anzahl: 1
NH <sub>4</sub> -N in FM [g/kg]	1,9						Lagerkapazität gasdicht 0 [m³]
N <sub>ges</sub> -N in FM [g/kg]	4,8						Lagerkap. nicht gasdicht / offen 3.700 [m³]
Essigsäureäquivalent [mg/l]	2.420						Restgaspotential bei 37 °C: 3,5 [%]
FOS/TAC [-]	0,44						TS-Gehalt im Gärrest in FM 6,4 [%]
<b>Gasverwertung</b>				<b>Gasproduktion:</b>			
Netto-Methannutzungsgrad [%]	53						Messung vor AKF
		<b>BHKW 1</b>	<b>BHKW 2</b>	<b>BHKW 3</b>			<b>Gaszusammensetzung</b>
Motortyp	GO	GO	GO				[Vol-%] CH <sub>4</sub> 49,8
elektr. Nennleistung [kW]	190	210	190				[Vol-%] CO <sub>2</sub> -
therm. Nennleistung [kW]	214	213	205				[Vol-%] O <sub>2</sub> -
elektr. Wirkungsgrad [%]	38,5	40,1	38,5				[ppm] H <sub>2</sub> S 331
therm. Wirkungsgrad [%]	43,4	40,6	43,4				<b>Mittlere Gasausbeuten Einsatzstoffmix</b>
Betriebsweise BHKW [-]	Volllast	Volllast	Volllast				[m³ / t] in FM Biogas 94 Methan 47
Jahresbetriebsstunden [h/a]	8.000	8.022	8.346				[m³/t] in oTS 583 290
theor. Volllaststunden [h/a]	7.581	7.477	8.083				<b>Stromproduktion</b>
elektr. Arbeitsausnutzung [%]	86,5	85,4	92,3				[kWh/d] 12.456
GO - Gas-Otto-Motor; ZS - Zündstrahl-Motor; BG - Biogas							[kWh/t] 190
<b>Eigenstrombedarf:</b>				<b>Wärmeverwertung:</b>			
	[kWh/a]					[kWh/a]	
BGA gesamt:	260.717	5,7 [% der Stromproduktion]	Eigenbedarf:	1.060.170	22 [% der Wärmeproduktion]		
davon Pumpen & Steuerung:	89.891	2,0 [% der Stromproduktion]	Trocknung:	1.099.010	23 [% der Wärmeproduktion]		
davon BHKW:	170.827	3,8 [% der Stromproduktion]	Gebäudeheizung:	833.582	17 [% der Wärmeproduktion]		

Tabelle 15-121: Ökonomisches Datenblatt der Biogasanlage 43 im Wirtschaftsjahr 2017/18 (01.07.-30.06.)

BGA 43				
installierte elektrische Leistung	590	kW	ingespeiste Strommenge 2017/18	4.655.078 kWh
elektrische Höchstbemessungsleistung	561	kW	Gesamtinvestitionsvolumen	2.500.784 €
<b>Leistungen</b>				
Stromerlöse (exklusive KWK-Bonus)	93,39	%	911.494	€/a
Wärmeerlöse (inklusive KWK-Bonus)	4,56	%	44.476	€/a
Sonstige Erlöse	2,05	%	20.000	€/a
<b>Gesamterlöse</b>	<b>100</b>	<b>%</b>	<b>975.970</b>	<b>€/a</b>
<b>Kosten</b>				
Substratkosten	38,25	%	339.170	€/a
<i>davon Kosten für NawaRo</i>				
<i>Mais</i>	<i>34,00</i>	<i>€/t</i>	<i>156.604</i>	<i>€/a</i>
<i>Gras</i>	<i>40</i>	<i>€/t</i>	<i>5.800</i>	<i>€/a</i>
<i>Restliche NawaRo</i>	<i>170,00</i>	<i>€/t</i>	<i>175.610</i>	<i>€/a</i>
Personalkosten	4,40	%	39.000	€/a
Instandhaltungskosten	28,54	%	253.058	€/a
Abschreibungen	15,30	%	135.659	€/a
Sonstige Betriebskosten	13,52	%	119.910	€/a
<i>davon</i>				
<i>Zündöl</i>			<i>-</i>	<i>€/a</i>
<i>Strombezug</i>			<i>63.934</i>	<i>€/a</i>
<i>Miete und Pacht</i>			<i>-</i>	<i>€/a</i>
<i>Maschinenmiete und Leasing</i>			<i>-</i>	<i>€/a</i>
<i>Prozessbetreuung und Beratung</i>			<i>2.000</i>	<i>€/a</i>
<i>Versicherungen, Beiträge und Abgaben</i>			<i>11.295</i>	<i>€/a</i>
<i>Berufsgenossenschaft</i>			<i>1.000</i>	<i>€/a</i>
<i>Sonst. Schmierstoffe und Betriebsmittel</i>			<i>21.111</i>	<i>€/a</i>
<i>Zinszahlungen</i>			<i>13.801</i>	<i>€/a</i>
<i>Buchführung und Verwaltung</i>			<i>-</i>	<i>€/a</i>
<i>Sonstiges</i>			<i>6.768</i>	<i>€/a</i>
<b>Gesamtkosten</b>	<b>100</b>	<b>%</b>	<b>886.797</b>	<b>€/a</b>
<b>Bilanz</b>				
Gesamterlöse			20,97	ct/kWh
Stromgestehungskosten			19,05	ct/kWh
Betriebszweigergebnis			1,92	ct/kWh
<b>Betriebszweigergebnis</b>			<b>89.173</b>	<b>€/a</b>

## 15.43 Biogasanlage 44

### 15.43.1 Anlagenbeschreibung

Die Biogasanlage 44 wurde bereits im Jahr 2009 in Betrieb genommen und ist an einen landwirtschaftlichen Betrieb mit Ackerbau in Thüringen angeschlossen. Die Gärstrecke besteht aus einem Fermenter mit einem Nutzvolumen von 1.665 m<sup>3</sup> sowie einem Nachgärer mit Gärrestlagerfunktion mit einem Nutzvolumen von 5.100 m<sup>3</sup>. Die Gasspeicherung erfolgt im Fermenter und Nachgärer mittels Doppelmembran. Das gesamte Gasspeichervolumen beträgt 2.300 m<sup>3</sup>. Die Substratzufuhr für flüssige Substrate erfolgt über den Vorlagebehälter. Die festen Fraktionen werden über ein Feststoffdosierer direkt in den Fermenter über ein Förderschneckensystem eingebracht. Zur weiteren Substrataufbereitung ist ein Lochscheibenzerkleinerer installiert. Der Biogasprozess wird im mesophilen Temperaturbereich betrieben. Der Fermenter wird auf 42 – 44°C temperiert. Zur Entschwefelung des produzierten Biogases wird Luft in den Hauptfermenter und in den Nachgärer dosiert. Zur weiteren Feinreinigung ist ein Aktivkohlefilter vor den BHKW-Modulen installiert. Abbildung 15-187 zeigt eine Ansicht mit BHKW-Container, Feststoffdosierer und Fermenter.



Abbildung 15-187: Anlagenansicht der BGA 44 mit Fermenter, Feststoffdosierer und BHKW-Container

Die Gasverwertung erfolgt in zwei BHKW, welche den produzierten Strom vollständig ins Stromnetz einspeisen. Die produzierte Wärme wird zur Beheizung der des Fermenters und Nachgärers eingesetzt. Weitere Wärmemengen werden im landwirtschaftlichen Betrieb und im angrenzenden Dorf mittels Nahwärmenetz verwertet. Abbildung 15-188 zeigt den prinzipiellen Aufbau der BGA 44.

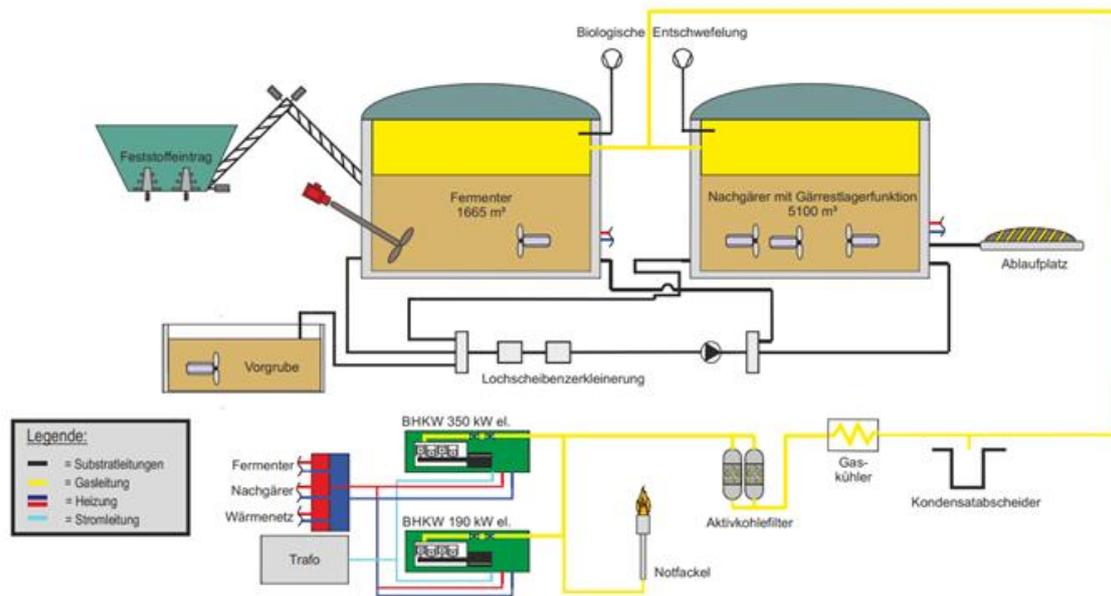


Abbildung 15-188: Anlagenschema BGA 44

### 15.43.2 Möglichkeiten zur Beurteilung des Betriebs

Die Tabelle 15-122 gibt einen Überblick über die grundlegend vorhandene Messtechnik, um zugeführte Einsatzstoffmengen und produzierte Gas- bzw. Energiemengen beurteilen zu können. Zusätzlich wurde die BGA sehr intensiv beprobt. Mindestens monatlich wurden Proben aller Behälter gezogen und auf deren Prozessparameter hin untersucht.

Tabelle 15-122: Messtechnische Ausstattung Biogasanlage 44

Zu erfassende Kenngröße	Art der Erfassung	Anmerkung
Feste Einsatzstoffe	Wägung per Wiegezellen des Feststoffdosierers	Ablesung täglich
Flüssige Einsatzstoffe	Mengenerfassung per Durchflussmessung	Ablesung täglich
Gasqualität	Gasanalysegerät CH <sub>4</sub> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S	Ablesung täglich
Produzierte Gasmenge	Messung des Betriebsvolumenstroms	Ablesung täglich
Strommengen	Zähler der produzierten Mengen am BHKW und am Einspeisetransformator; Eigenstromverbrauch wird nicht separat erfasst	Ablesung täglich
Wärmemengen	Messung der ausgespeisten Wärmemenge an externes Wärmenetz, der Eigenverbrauch der BGA wird nicht erfasst	Ablesung monatlich

### 15.43.3 Anlagenbetrieb während des Messzeitraumes

Im einjährigen Messzeitraum von August 2017 bis Juli 2018 wurden im Durchschnitt zirka 50 % Wirtschaftsdünger wie Schweinegülle, Hühnertrockenkot, Rinder- und Pferdemist eingesetzt. Hinzu kamen etwa 45 % Mais-Ganzpflanzensilage, 4 % Grassilage und ca. 1 % Getreideschrot. Die Einsatzstoffmenge betrug im Mittel rund 40 t Frischmasse am Tag. Wobei die Einsatzmenge von 37 t/d bis 52 t/d im Betrachtungszeitraum stark schwankte (vgl. Abbildung 15-189). Der Einsatz von Pferdemist war marginal und wurde auf Grund von Verstopfung und hohen Verschleißerscheinungen der Förderschnecken nach 4 Monaten eingestellt. Demgegenüber stieg die Einsatzmenge an Hühnertrockenkot nach der Hälfte des Betrachtungsjahres von ca. 7 % auf 14 % an. Der Einsatz von Rindergülle begann ab der Hälfte des Jahres. Hingegen blieb die Menge an Schweinegülle mit Jauche konstant. Grassilage wurde am Anfang und an Ende des Betrachtungszeitraumes verstärkt eingesetzt.

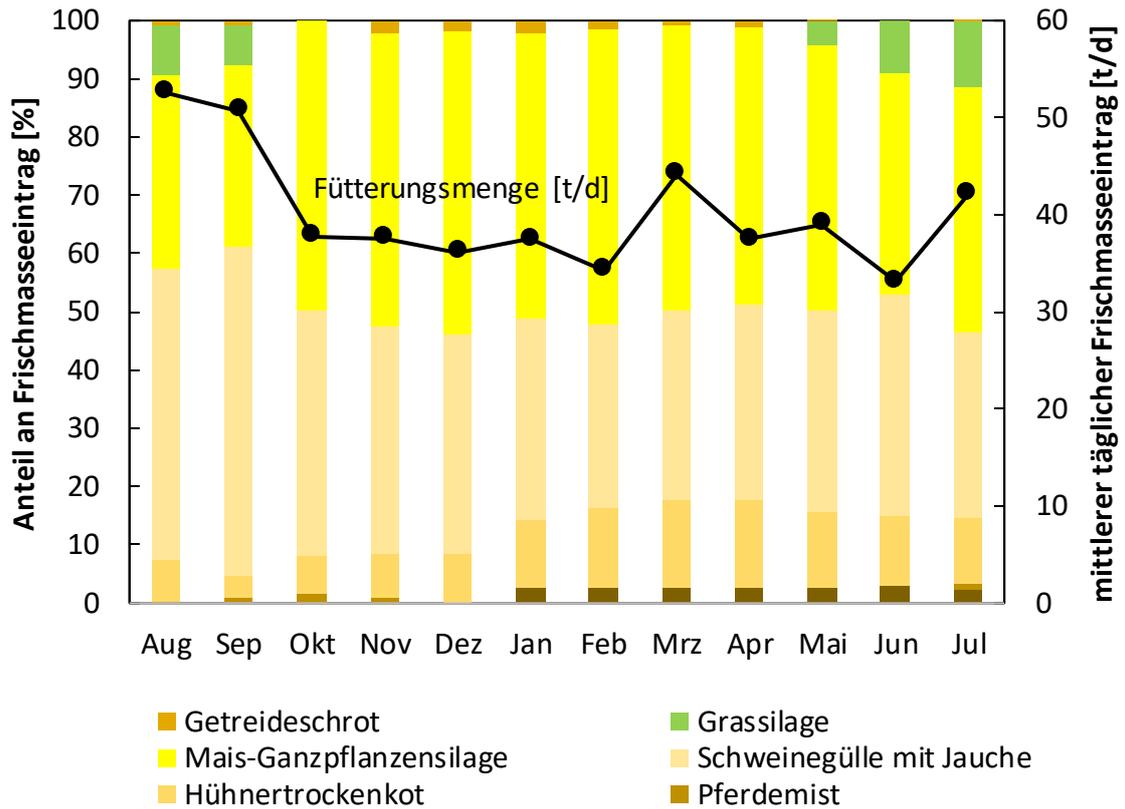


Abbildung 15-189: Zeitlicher Verlauf der Substratzusammensetzung und der zugeführten Substratmenge der BGA 44

Die Verweilzeit im Fermenter liegt im Mittel bei 42 Tagen im Fermenter (vgl. Tabelle 15-123). Die Raumbelastung im Fermenter liegt im höheren Bereich bei 4,9 kg<sub>OTS</sub>/(m<sup>3</sup> d) im Jahresmittel. Der FOS/TAC-Wert des Fermenters schwankte und bewegte sich im Bereich von 0,15 bis 0,25 (vgl. Abbildung 15-190).

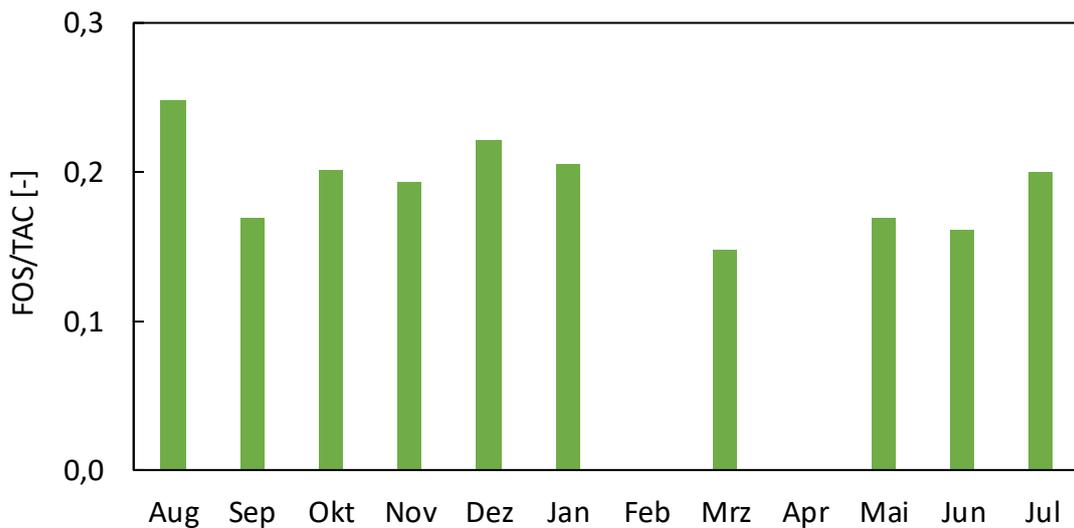


Abbildung 15-190: Zeitlicher Verlauf des FOS/TAC-Wertes des Fermenter 1 der BGA 44 (Feb 18 u. April 18 keine Analyse)

Die elektrische Auslastung war ganzjährig reduziert. Wobei bewusst das zweite BHKW (370 kW<sub>el</sub>) mit ca. 75 % Auslastung gefahren wurde. Insgesamt lag die elektrische Auslastung beider BHKW-Module bei 81 % (vgl. Abbildung 15-191).

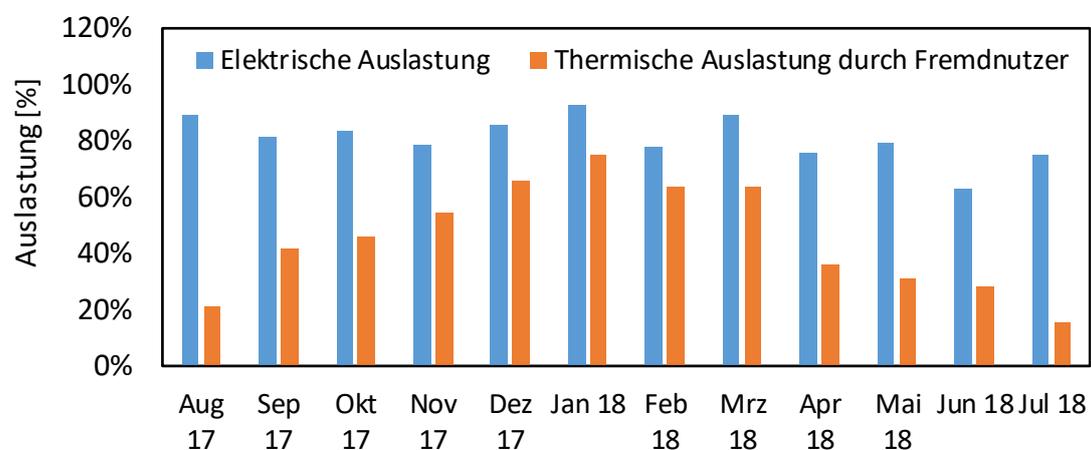


Abbildung 15-191: Zeitlicher Verlauf der gesamten elektrischen Auslastung und der theoretischen thermischen Auslastung durch Fremdnutzer der BGA 44

Tabelle 15-123: Datenblatt der Biogasanlage 44

BGA 44				
<b>Allgemeine Angaben:</b>				
installierte elektrische Leistung	540 kW			
Inbetriebnahme	12.2009			
Zeitraum der Messphase	08.2017 - 07.2018			
Einsatzstoffe	NawaRo, tierische Exkremente			
Gasverwertung	2 VOV-BHKW			
Erhalt Flexibilitätsprämie	nein			
Betriebsform	Anschluss an einen landwirtschaftlichen Betrieb mit Ackerbau			
<b>Bauliche Anlagen:</b>			<b>Einsatzstoffe:</b>	
Benennung	<b>Fermenter</b>	<b>Fermentersystem</b>	Mengenangaben in FM	
Anzahl	1		Gesamt-Jahresmenge	14.656 [t/a]
Reaktorvolumen	[m <sup>3</sup> ] 1.750	1.750	Gesamt-Tagesmenge	40 [t/d]
Arbeitsvolumen	[m <sup>3</sup> ] 1.665	1.665	Schweinegülle	38,5 [%]
stehend / liegend	[-] stehend		Maissilage	44,8 [%]
Gasspeichervolumen	[m <sup>3</sup> ] 700	700	Hünnertrockenkot	10,5 [%]
<b>Betriebsparameter:</b>			Grassilage	3,3 [%]
TS-Gehalt in FM	[%] 8,5		Rindergülle	1,5 [%]
oTS-Gehalt in TS	[%] 5,9		Getreideschrot	1,0 [%]
organische Raumbelastung in oTS	[kg/(m <sup>3</sup> d)]	4,9 <sub>FS</sub>	Pferdemist	0,4 [%]
Verweilzeit	[d]	42 <sub>FS</sub>	mittlerer TS-Gehalt in FM	23,3 [%]
oTS-Abbau	[%]	80 <sub>GSV</sub>	mittlerer oTS-Gehalt in TS	76,3 [%]
FoTS-Ausbeute	[%]	103 <sub>GSV</sub>	mittlerer FoTS-Gehalt in TS	56,4 [%]
CH <sub>4</sub> -Produktivität	[m <sup>3</sup> /(m <sup>3</sup> d)]	1,7 <sub>FS</sub>	<b>Gärrestlager:</b>	
BG-Produktivität	[m <sup>3</sup> /(m <sup>3</sup> d)]	3,3 <sub>FS</sub>	Anzahl	1
pH	[-] 8,0		Lagerkapazität gasdicht	5.100 [m <sup>3</sup> ]
Temperatur	[°C] 44		Lagerkap. nicht gasdicht / offen	[m <sup>3</sup> ]
NH <sub>4</sub> -N in FM	[g/kg] 3,2		Gasspeichervolumen	1.600 [m <sup>3</sup> ]
N <sub>ges</sub> -N in FM	[g/kg] 6,3		relatives Restmethanpotential	4,0 [%]
Essigsäureäquivalent in FM	[mg/l] 773		TS-Gehalt im Gärrest in FM	6,8 [%]
FOS/TAC	[-] 0,19		oTS-Gehalt im Gärrest in TS	71,4 [%]
GO - Gas-Otto-Motor; ZS - Zündstrahl-Motor; BG - Biogas				
<b>Gasverwertung:</b>			<b>Gasproduktion:</b>	
			Messung	vor AKF
	<b>BHKW 1</b>	<b>BHKW 2</b>	<b>Gaszusammensetzung</b>	
Motortyp	GO	GO	[Vol-%] CH <sub>4</sub>	51,9
elektr. Nennleistung	[kW] 350	190	[Vol-%] CO <sub>2</sub>	-
therm. Nennleistung	[kW] 373	230	[Vol-%] O <sub>2</sub>	0,2
elektr. Wirkungsgrad	[%] 40,6	38,3	[ppm] H <sub>2</sub> S	71,1
therm. Wirkungsgrad	[%] 43,3	46,3	<b>Mittlere Gasausbeuten Einsatzstoffmix</b>	
Betriebsweise BHKW	[-] Teillast	Volllast	[m <sup>3</sup> /t] in FM	Biogas 138
Jahresbetriebsstunden	[h/a] -	8.124	[m <sup>3</sup> /t] in oTS	Methan 71
theor. Volllaststunden	[h/a] 6.874	8.124		776 402
elektr. Arbeitsausnutzung	[%] 78	93	<b>Stromproduktion</b>	
			[kWh/d]	10.821
			[kWh/t]	269
GO - Gas-Otto-Motor; ZS - Zündstrahl-Motor; BG - Biogas				
<b>Wärmeverwertung:</b>				
			[kWh/a]	
	Nahwärmenetz		1.870.000	[% der Wärmeproduktion]

Tabelle 15-124: Ökonomisches Datenblatt für die Biogasanlage 44 im Jahr 2017

BGA 44				
installierte elektrische Leistung	540	kW	eingespeiste Strommenge 2017	3.644.635 kWh
elektrische Höchstbemessungsleistung	420	kW	Gesamtinvestitionsvolumen	1.425.444 €
<b>Leistungen</b>				
Stromerlöse (exklusive KWK-Bonus)	92,63	%	770.683	€/a
Wärmeerlöse (inklusive KWK-Bonus)	7,37	%	61.346	€/a
Sonstige Erlöse	0,00	%	-	€/a
<b>Gesamterlöse</b>	<b>100</b>	<b>%</b>	<b>832.029</b>	<b>€/a</b>
<b>Kosten</b>				
Substratkosten	45,46	%	293.414	€/a
<i>davon Kosten für NawaRo</i>				
<i>Mais</i>	37,00	€/t	221.589	€/a
<i>Gras</i>	30	€/t	26.685	€/a
<i>Restliche NawaRo</i>	145,00	€/t	14.660	€/a
Personalkosten	5,53	%	35.662	€/a
Instandhaltungskosten	11,38	%	73.465	€/a
Abschreibungen	16,38	%	105.694	€/a
Sonstige Betriebskosten	21,26	%	137.201	€/a
<i>davon</i>				
<i>Zündöl</i>			-	€/a
<i>Strombezug</i>			74.702	€/a
<i>Miete und Pacht</i>			-	€/a
<i>Maschinenmiete und Leasing</i>			1.582	€/a
<i>Prozessbetreuung und Beratung</i>			4.855	€/a
<i>Versicherungen, Beiträge und Abgaben</i>			9.793	€/a
<i>Berufsgenossenschaft</i>			-	€/a
<i>Sonst. Schmierstoffe und Betriebsmittel</i>			25.782	€/a
<i>Zinszahlungen</i>			19.253	€/a
<i>Buchführung und Verwaltung</i>			-	€/a
<i>Sonstiges</i>			1.234	€/a
<b>Gesamtkosten</b>	<b>100</b>	<b>%</b>	<b>645.436</b>	<b>€/a</b>
<b>Bilanz</b>				
Gesamterlöse			22,83	ct/kWh
Stromgestehungskosten			17,71	ct/kWh
Betriebszweigergebnis			5,12	ct/kWh
<b>Betriebszweigergebnis</b>			<b>186.593</b>	<b>€/a</b>

## 15.44 Biogasanlage 45

### 15.44.1 Anlagenbeschreibung

Die BGA 45 ist als Biomethan-Einspeiseanlage im Jahr 2012 in Sachsen erbaut und in Betrieb gegangen. Sie ist nicht in einem landwirtschaftlichen Betrieb integriert und wird von einem regionalen Energieversorger betrieben. Die Gärstrecke der Biomethananlage besteht aus zwei Fermentern (je 6.000 m<sup>3</sup>) und einem Nachgärbehälter (6.000 m<sup>3</sup>). Alle drei Gärbehälter sind baugleich als stehende Stahlbehälter mit Zentralrührwerk ausgeführt. Die Lagerung der festen Einsatzstoffe erfolgt direkt am Standort in einer Fahrsiloanlage mit einer Lagerkapazität von ca. 50.000 t. Die Zuführung der Feststoffe ist mit einem Feststoffdosierer mit drei Schubböden, Förderbandtechnik und zwei Exzentrerschneckenpumpen redundant ausgelegt. Die Lagerung der Flüssigsubstrate erfolgt vor Ort in einem emissionsarm abgedeckten Stahlbeton-Rundbehälter. Die Biogaserzeugung erfolgt im Nassverfahren im mesophilen Temperaturbereich. Die Gärreste werden in drei baugleichen Stahlbeton-Rundbehältern (je 8.500 m<sup>3</sup>) gelagert. Alle drei Gärrestlager besitzen einen Doppelmembran-Gasfolienspeicher mit einem Gasspeichervolumen von je 2.250 m<sup>3</sup>. Das produzierte Biogas wird behälterintern durch Zugabe von Eisen-II-chlorid entschwefelt. Auf dem Weg zur Gasverwertung erfolgt eine weitere Konditionierung durch die Entwässerung mittels Kondensatabscheider und Gaskühlung sowie die Feinreinigung (Entschwefelung) durch Aktivkohlefilter. Durch das Verfahren der Druckwasserwäsche wird das entstehende Biogas zu Biomethan (> 96 % Methan) aufbereitet und an den Betreiber des Erdgasnetzes übergeben. Dieser veredelt es durch Heizwertanpassung (Propanzugabe < 5%) und speist es mit einem Ausgangsdruck von max. 25 bar in das Erdgasnetz ein. Die Biogasanlage hat eine maximale Einspeisekapazität von 700 m<sup>3</sup>.N./h Biomethan. Die benötigte Prozesswärme wird über einen Biogas-Heizkessel bereitgestellt. Eine Anlagenansicht ist in Abbildung 15-192 sowie das Anlagenschema ist in Abbildung 15-193 dargestellt.



Abbildung 15-192: Anlagenansicht der BGA 45 mit Fermentern und Gärrestlager

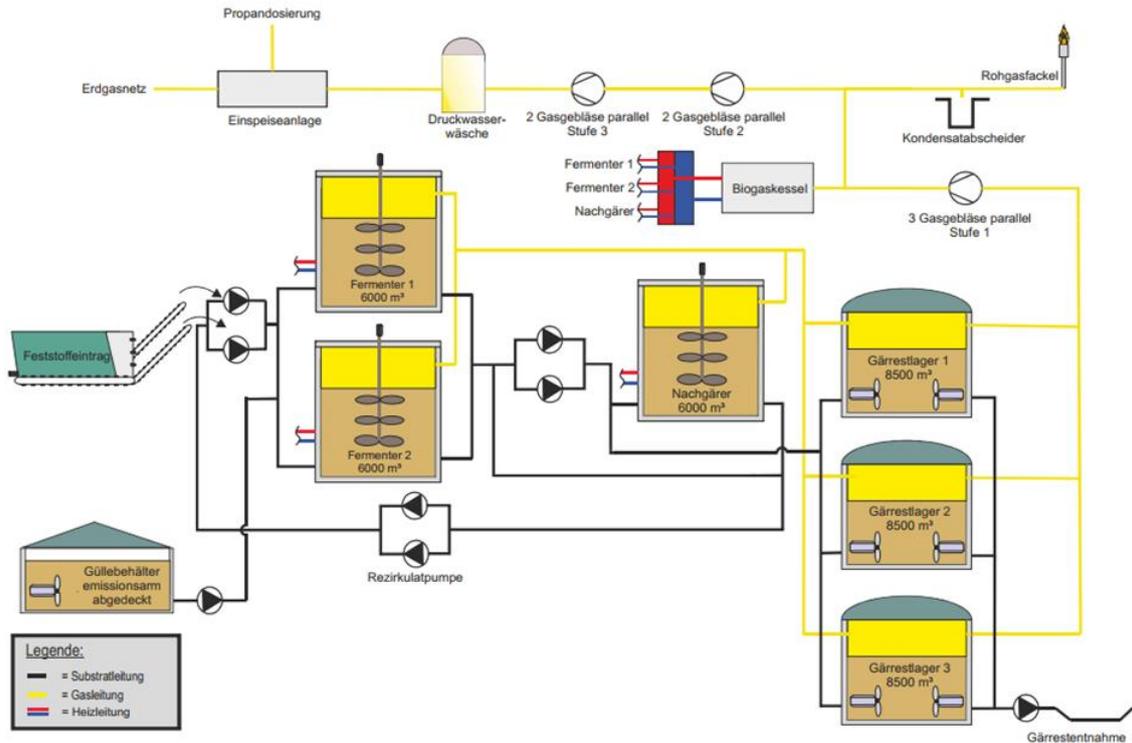


Abbildung 15-193: Anlagenschema BGA 45

### 15.44.2 Möglichkeiten zur Beurteilung des Betriebs

Die Tabelle 15-125 gibt einen Überblick über die grundlegend vorhandene Messtechnik, um zugeführte Einsatzstoffmengen und produzierte Gas- bzw. Energiemengen beurteilen zu können. Zusätzlich wurde die BGA sehr intensiv beprobt. Mindestens monatlich wurden Proben aller Behälter gezogen und auf deren Prozessparameter hin untersucht.

Tabelle 15-125: Messtechnische Ausstattung Biogasanlage 45

Zu erfassende Kenngröße	Art der Erfassung	Anmerkung
Feste Einsatzstoffe	Wägung per Wiegezellen des Feststoffdosierers	Ablesung täglich
Flüssige Einsatzstoffe	Mengenerfassung per Durchflussmessung	Ablesung täglich
Gasqualität	Gasanalysegerät CH <sub>4</sub> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S	Ablesung täglich
Produzierte Biogasmenge	Messung des Betriebsvolumenstroms	Ablesung täglich
Produzierte Biomethanmenge	Messung des Betriebsvolumenstroms	Ablesung täglich
Eingespeiste Biomethanmenge	Messung des Betriebsvolumenstroms	Ablesung täglich
Strommengen	Eigenstromverbrauch wird nicht separat erfasst	Ablesung täglich
Wärmemengen	Messung der erzeugten Wärmemenge über Biogas-Heizkessel für den Eigenbedarf an Prozesswärme	Ablesung täglich

### 15.44.3 Anlagenbetrieb während des Messzeitraumes

Die Biogasanlage 45 wurde im Zeitraum von August 2017 bis Juli 2018 messtechnisch begleitet. In diesem Zeitraum wurde maßgeblich Mais- und Roggen-Ganzpflanzensilagen als Feststoffsubstrate eingesetzt. Ergänzend wurde Rindergülle gefüttert. Die mittlere tägliche Fütterungsmenge lag im Betrachtungszeitraum bei ca. 129 t/d. Auffällig ist, dass die Substratzusammensetzung innerhalb des Betrachtungszeitraumes relativ konstant ist, nur die Dosierung von Roggen-Ganzpflanzensilage ist stärkeren Schwankungen unterworfen. In dem Betrachtungsjahr wurden ca. 32.584 t Mais-Ganzpflanzensilage, 8.787 t Roggen-Ganzpflanzensilage, 5.788 m<sup>3</sup> Rindergülle sowie 14.417 m<sup>3</sup> Rezirkulat in die Anlage dosiert. In den Monaten Februar und März 2018 wurde ganz auf Roggen-Ganzpflanzensilage verzichtet. Die prozentualen Anteile an der Gesamtfütterungsmenge können aus Abbildung 15-194 entnommen werden.

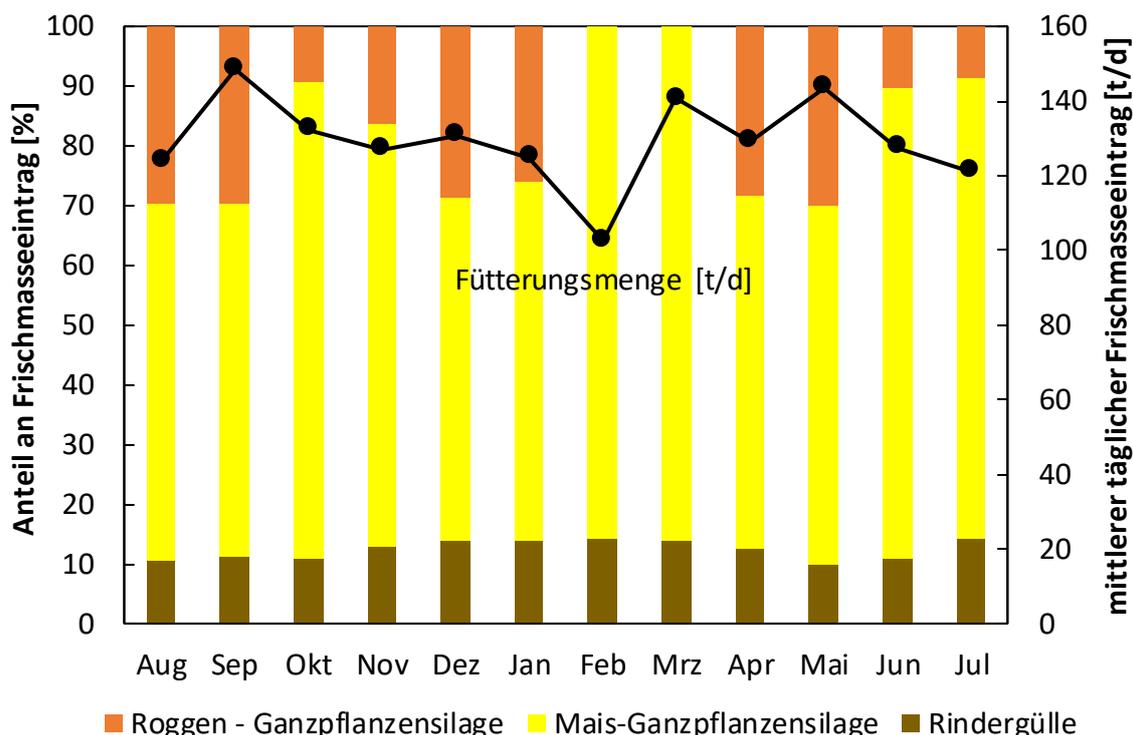


Abbildung 15-194: Zeitlicher Verlauf der Substratzusammensetzung und der zugeführten Substratmenge der BGA 45

Der Anteil an Rindergülle an der Gesamtfütterungsmenge betrug im Mittel 9%. Der Frischmasseanteil lag im Durchschnitt für Mais-Ganzpflanzensilage bei 53% und für Roggen-Ganzpflanzensilage bei ca. 14% unter Berücksichtigung des Rezirkulats von ca. 23%. Die Feststoffe werden unter Einsatz von Rezirkulat mittels einer Exzentrerschneckenpumpe abwechselnd in die beiden Fermenter gepumpt. Über eine Zentralpumpe gelangt das Gärsubstrat vom Fermenter in den Nachgärer. Die Gärrestlager sind ebenfalls über die Zentralpumpe mit dem Nachgärer verbunden. Die mittlere hydraulische Verweilzeit im Fermentersystem (ohne Nachgärer) im Betrachtungszeitraum beträgt 107 Tage, die Raumbelastung im gesamten System (inkl. Nachgärer) ca. 2,2 kg<sub>oTS</sub>/(m<sup>3</sup> d) (vgl. Tabelle 15-126). Der FOS/-TAC-Wert des Fermenters bewegte sich im Bereich von 0,14 bis 0,20 (vgl. Abbildung 15-195).

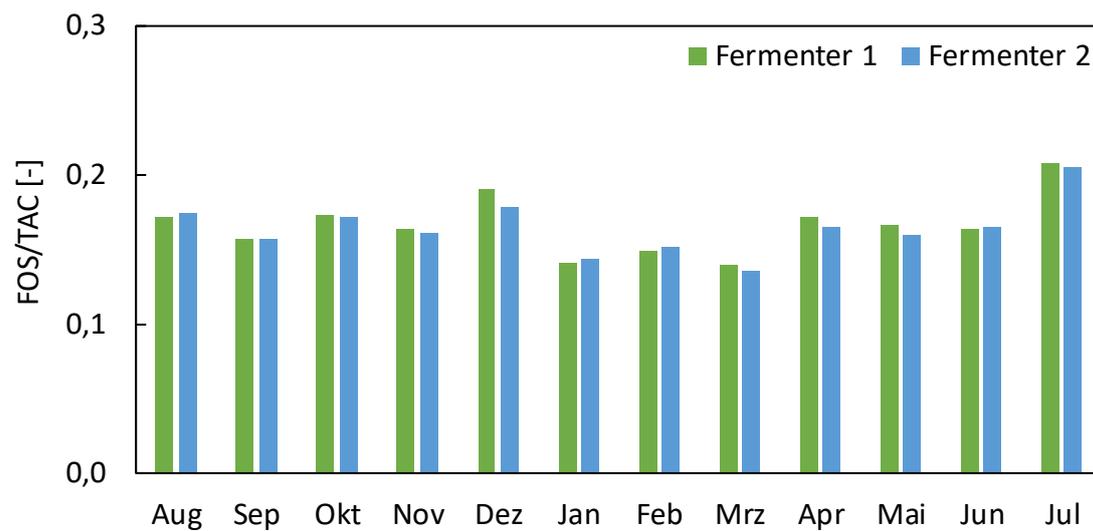


Abbildung 15-195: Zeitlicher Verlauf des FOS/TAC-Wertes des Fermenter 1 und Fermenter 2 der BGA 45

Tabelle 15-126: Datenblatt der Biogasanlage 45

BGA 45						
<b>Allgemeine Angaben:</b>						
installierte elektrische Leistung	0 kW					
Inbetriebnahme	2011					
Zeitraum der Messphase	08.2017 - 07.2018					
Einsatzstoffe	NawaRo, tierische Exkremente					
Gasverwertung	Gasaufbereitung zu Biomethan & Einspeisung ins Erdgasnetz					
Erhalt Flexibilitätsprämie	nein					
Betriebsform	sonstige Anlage					
<b>Bauliche Anlagen:</b>						<b>Einsatzstoffe:</b>
Benennung		<b>Fermenter</b>	<b>Fermenter</b>	<b>Nachgärer</b>	<b>Fermentersystem</b>	Mengenangaben in FM
Anzahl		1	1	1		Gesamt-Jahresmenge 47.159 [t/a]
Reaktorvolumen	[m <sup>3</sup> ]	6.450	6.450	6.450	19.350	Gesamt-Tagesmenge 129 [t/d]
Arbeitsvolumen	[m <sup>3</sup> ]	6.000	6.000	6.000	18.000	Maissilage 69,6 [%]
stehend / liegend	[-]	stehend	stehend	stehend		Roggen GPS 18,1 [%]
Gasspeichervolumen	[m <sup>3</sup> ]	0	0	0		Rindergülle 12,3 [%]
<b>Betriebsparameter:</b>						
TS-Gehalt in FM	[%]	8,9	8,8			mittlerer TS-Gehalt in FM 31,9 [%]
oTS-Gehalt in TS	[%]	77,0	77,3			mittlerer oTS-Gehalt in TS 93,3 [%]
organische Raumbelastung in oTS	[kg/(m <sup>3</sup> d)]				2,2 <sub>FS</sub>	mittlerer FoTS-Gehalt in TS 68,1 [%]
Verweilzeit	[d]				107 <sub>FS</sub>	
oTS-Abbau	[%]				85 <sub>GSY</sub>	
FoTS-Ausbeute	[%]				108 <sub>GSY</sub>	
CH <sub>4</sub> -Produktivität	[m <sup>3</sup> /(m <sup>3</sup> d)]				0,8 <sub>FS</sub>	
BG-Produktivität	[m <sup>3</sup> /(m <sup>3</sup> d)]				1,5 <sub>FS</sub>	
pH	[-]	8,1	8,1			<b>Gärrestlager:</b>
Temperatur	[°C]	48,9	46,6			Anzahl 3
NH <sub>4</sub> -N in FM	[g/kg]	2,6	2,7			Lagerkapazität gasdicht 25.500 [m <sup>3</sup> ]
N <sub>ges</sub> -N in FM	[g/kg]	5,4	5,4			Lagerkap. nicht gasdicht / offen 0 [m <sup>3</sup> ]
Essigsäureäquivalent in FM	[mg/l]	348	314			Gasspeichervolumen 0 [m <sup>3</sup> ]
FOS/TAC	[-]	0,17	0,16			relatives Restmethanpotential 3,7 [%]
GO - Gas-Otto-Motor; ZS - Zündstrahl-Motor; BG - Biogas						TS-Gehalt im Gärrest in FM 6,1 [%]
GO - Gas-Otto-Motor; ZS - Zündstrahl-Motor; BG - Biogas						oTS-Gehalt im Gärrest in TS 69,9 [%]
<b>Gasverwertung:</b> Biomethan-Einspeisung, keine Vor-Ort-Verstromung						<b>Gasproduktion:</b>
						Messung vor AKF
						<b>Gaszusammensetzung</b>
						[Vol-%] CH <sub>4</sub> 51,3
						[Vol-%] CO <sub>2</sub> 46,2
						[Vol-%] O <sub>2</sub> 0,0
						[ppm] H <sub>2</sub> S 83,6
						<b>Mittlere Gasausbeuten Einsatzstoffmix</b>
						Biogas Methan
						[m <sup>3</sup> /t] in FM 212 109
						[m <sup>3</sup> /t] in oTS 713 366
						<b>Biogasproduktion</b>
						[m <sup>3</sup> /d] 27.428
						[m <sup>3</sup> /a] 10.011.318
						<b>Biomethanproduktion vor Einspeisung</b>
						[m <sup>3</sup> /d] 13.466
						[m <sup>3</sup> /a] 5.316.868
GO - Gas-Otto-Motor; ZS - Zündstrahl-Motor; BG - Biogas						
<b>Eigenstrombedarf:</b>			<b>Wärmeverwertung:</b>			
	[kWh/a]					[kWh/a]
BGA ohne Biogasaufbereitung	1.195.417		Eigenbedarf BGA			108.967

## 15.45 Biogasanlage 46

### 15.45.1 Anlagenbeschreibung

Die BGA 46 ist eine Güllekleinanlage mit 75 kW installierter elektrischer Leistung. Fertiggestellt und in Betrieb genommen wurde sie im November 2016. Der Standort befindet sich auf einem landwirtschaftlichen Betrieb mit Milchviehhaltung im Osten von Deutschland (Sachsen). Die Anlage setzt ausschließlich Rindergülle ein, versetzt mit geringen Mengen Rindermist und Futterresten, die in die Gülle eingespült werden. Über die Güllegrube des Milchviehstalls wird die Gülle in die anlageneigene Vorgrube gepumpt und dort mit Rindermist ergänzt. Die offene Vorgrube besitzt ein Bruttovolumen von 115 m<sup>3</sup>. Das Einsatzstoffgemisch wird über die Zentralpumpe und einen Lochscheibenzerkleinerer in den Fermenter gepumpt. Dieser besitzt ein Volumen von 1.527 m<sup>3</sup> (brutto). Die Gasspeicherung erfolgt durch einen Doppelmembrangasspeicher auf dem Fermenter mit einem Volumen von 728 m<sup>3</sup>. Gärreste werden in einem offenen Gärrestlager bis zur Entnahme gelagert (vgl. Abbildung 15-196).

Das produzierte Biogas wird in einem BHKW (Containerlösung) verbrannt. Die Gasreinigung beschränkt sich auf die Kondensatabscheidung. Eine Feinreinigung per Aktivkohlefilter erfolgt nicht.

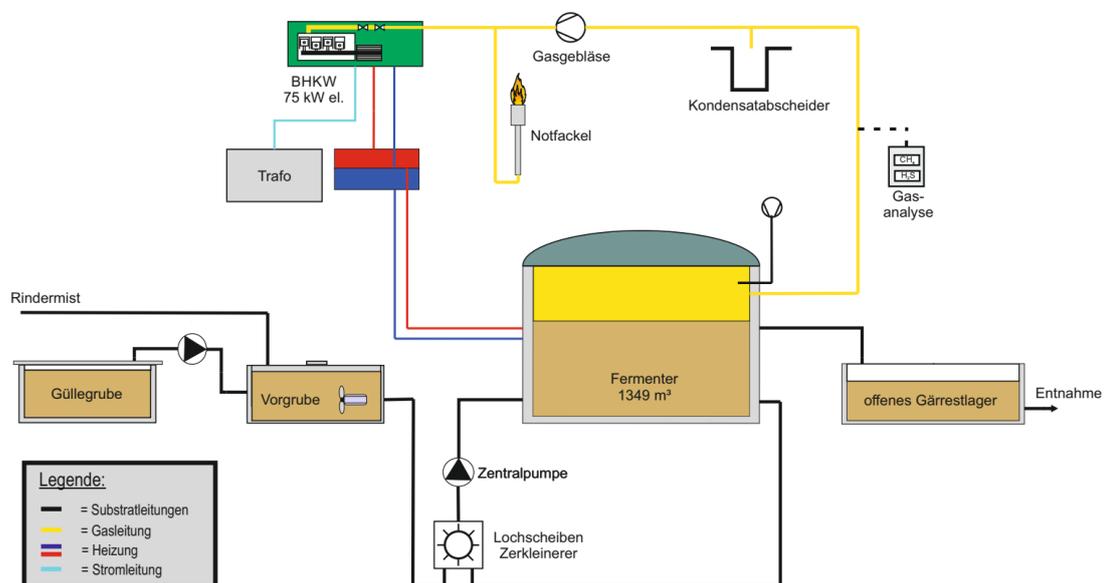


Abbildung 15-196: Anlagenschema BGA 46

### 15.45.2 Möglichkeiten zur Beurteilung des Betriebs

Die BGA 46 ist mit der nötigsten Messtechnik ausgestattet. Ein Betrieb der Anlage ist problemlos möglich. Allerdings ist eine Kontrolle der Effizienz des Prozesses nicht auf direktem Wege möglich, da eine Erfassung der produzierten Normvolumens Biogas sowie eine fest installierte Messung der Gaszusammensetzung nicht vorhanden ist. Die Messung der Gaszusammensetzung erfolgt einmal täglich und bedarfsweise mit einem mobilen Handmessgerät (vgl. Tabelle 15-127).

Tabelle 15-127: Übersicht der vorhandenen Messtechnik der BGA 46

Zu erfassende Kenngröße	Art der Erfassung	Anmerkung
Feste Einsatzstoffe	Schätzung der Mengen	tägliche Schätzung
Flüssige Einsatzstoffe	Berechnung über Füllstands Differenz	tägliche Rückrechnung
Gasqualität	Tägliche Messung mit einem Handmessgerät (CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S)	tägliche Messung
Gaszähler	Kein Zähler installiert	
Stromzähler	Tägliche Ablesung am BHKW	täglich
Eigenstromverbrauch	Kein Zähler installiert	
Eigenwärmeverbrauch	Kein Zähler installiert	

### 15.45.3 Anlagenbetrieb während des Messzeitraumes

Im Zeitraum der Anlagenbegleitung von August 2017 bis Juli 2018, wurden durchschnittlich 30 t pro Tag gefüttert, fast ausschließlich Rindergülle. Nur sehr geringe Mengen Rinderfestmist und Futterreste wurden beigemischt. Eine Übersicht gibt Abbildung 15-197.

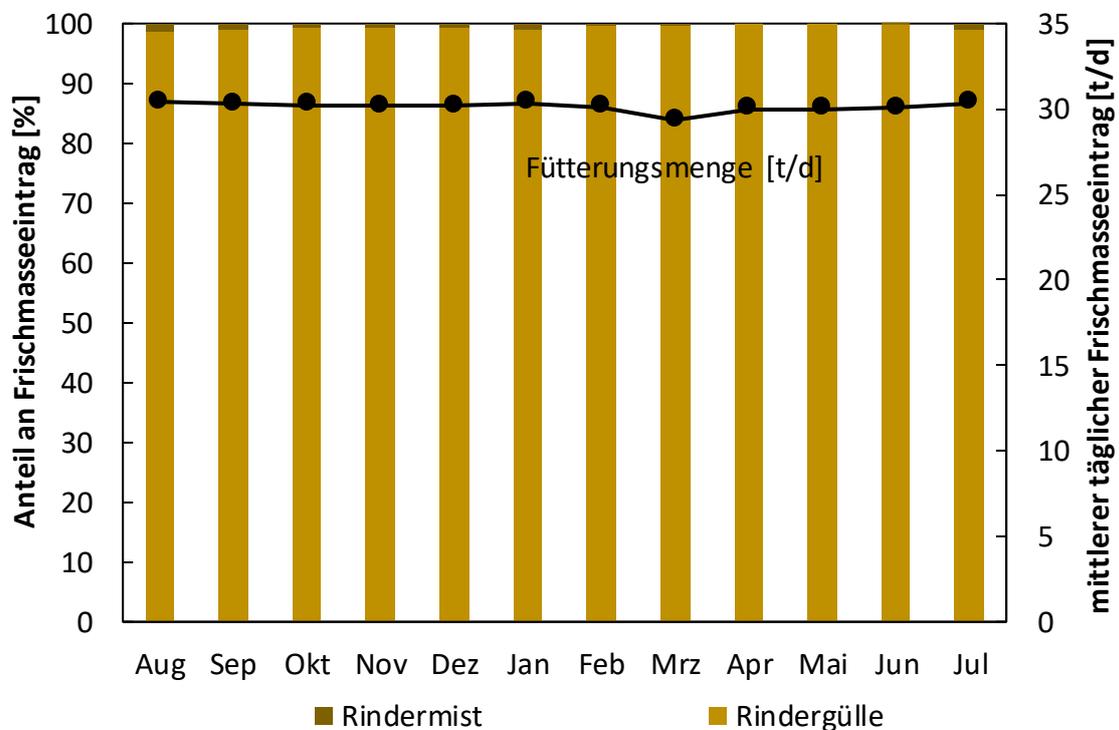


Abbildung 15-197: Zeitlicher Verlauf der Substratzusammensetzung und der zugeführten Substratmenge der BGA 46

Die Belastung des Fermenters war gering, was die Auswertung des FOS/TAC-Wertes in Abbildung 15-198 verdeutlicht. Die organische Raumbelastung lag im Jahresmittel bei  $1,2 \text{ kg}_{\text{OTS}}/(\text{m}^3 \text{ d})$ , die hydraulische Verweilzeit bei durchschnittlich 45 Tagen.

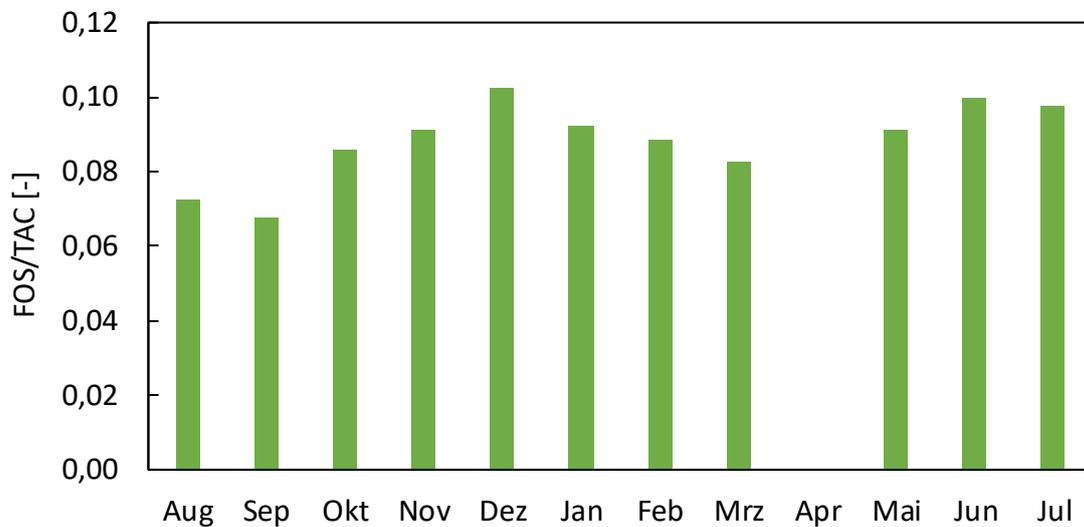


Abbildung 15-198: Zeitlicher Verlauf des FOS/TAC-Wertes der BGA 46 (April 2018 keine Analyse)

Das BHKW wurde über den gesamten Betrachtungszeitraum quasi vollausgelastet. Es gab keine nennenswerten Betriebsunterbrechungen. Der produzierte Strom wurde vollständig in das Stromnetzeingespeist. Die Deckung des Eigenbedarfs erfolgte durch Fremdstrombezug. Eine Wärmenutzung erfolgt nicht, da ein Großteil zur Beheizung des Fermenters aufgewendet wird. Eine weitere Versorgung von Betriebsgebäuden ist nach Betreiberangaben aus ökonomischer Sicht nicht sinnvoll. Abbildung 15-199 zeigt die elektrische Auslastung des BHKW. Tabelle 15-128 gibt einen Überblick über weitere Betriebsdaten der BGA 46.

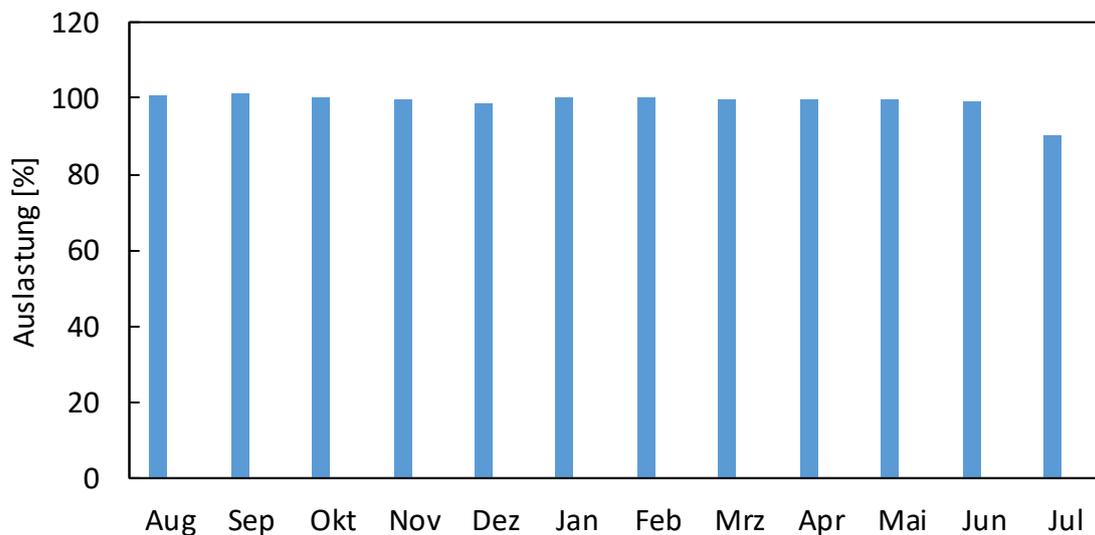


Abbildung 15-199: Zeitlicher Verlauf der gesamten elektrischen Auslastung der BGA 46

Tabelle 15-128: Datenblatt der Biogasanlage 46

BGA 46			
<b>Allgemeine Angaben:</b>			
installierte elektrische Leistung	75 kW		
Inbetriebnahme	11.2016		
Zeitraum der Messphase	08.2017 - 07.2018		
Einsatzstoffe	tierische Exkremente		
Gasverwertung	1 VOV-BHKW		
Erhalt Flexibilitätsprämie	nein		
Betriebsform	Anschluss an einen landwirtschaftlichen Betrieb mit Milchviehhaltung und Ackerbau		
<b>Bauliche Anlagen:</b>		<b>Fermenter</b>	<b>Fermentersystem</b>
Benennung			
Anzahl		1	1
Reaktorvolumen	[m <sup>3</sup> ]	1.527	1.527
Arbeitsvolumen	[m <sup>3</sup> ]	1.349	1.349
stehend / liegend	[-]	stehend	stehend
Gaspeichervolumen	[m <sup>3</sup> ]	728	728
<b>Betriebsparameter:</b>			
TS-Gehalt in FM	[%]	4,3	
oTS-Gehalt in TS	[%]	69,0	
organische Raumbelastung in oTS	[kg/(m <sup>3</sup> d)]		1,2 <sub>FS</sub>
Verweilzeit	[d]		45 <sub>FS</sub>
oTS-Abbau	[%]		50 <sub>GSV</sub>
FoTS-Ausbeute	[%]		139 <sub>GSV</sub>
CH <sub>4</sub> -Produktivität	[m <sup>3</sup> /(m <sup>3</sup> d)]		0,4 <sub>FS</sub>
BG-Produktivität	[m <sup>3</sup> /(m <sup>3</sup> d)]		0,7 <sub>FS</sub>
pH	[-]	7,8	
Temperatur	[°C]	41	
NH <sub>4</sub> -N in FM	[g/kg]	1,4	
N <sub>ges</sub> -N in FM	[g/kg]	2,8	
Essigsäureäquivalent in FM	[mg/l]	57	
FOS/TAC	[-]	0,09	
<b>Gasverwertung:</b>		<b>BHKW 1</b>	
Motortyp		GO	
elektr. Nennleistung	[kW]	75	
therm. Nennleistung	[kW]	87	
elektr. Wirkungsgrad	[%]	37,5	
therm. Wirkungsgrad	[%]	43,4	
Betriebsweise BHKW	[-]	Volllast	
Jahresbetriebsstunden	[h/a]	8.676	
theor. Volllaststunden	[h/a]	8.683	
elektr. Arbeitsausnutzung	[%]	99	
GO - Gas-Otto-Motor; ZS - Zündstrahl-Motor; BG - Biogas			
<b>Eigenstrombedarf:</b>		<b>Wärmeverwertung:</b>	
wird nicht erfasst		keine externe Wärmeverwertung; ausschließlich Deckung des Eigenbedarfes Eigenbedarf wird nicht messtechnisch erfasst	
<b>Einsatzstoffe:</b>			
		Mengenangaben in FM	
Gesamt-Jahresmenge		10.996	[t/a]
Gesamt-Tagesmenge		30,1	[t/d]
Rindergülle *		99,4	[%]
Rindermist		0,6	[%]
*Rindergülle mit Futterresten			
<b>Einsatzstoffmix</b>			
mittlerer TS-Gehalt in FM		6,8	[%]
mittlerer oTS-Gehalt in TS		80,0	[%]
mittlerer FoTS-Gehalt in TS		40,0	[%]
<b>Gärrestlager:</b>			
Anzahl		1	
Lagerkapazität gasdicht		0	[m <sup>3</sup> ]
Lagerkapazität offen		k.A.	[m <sup>3</sup> ]
Gaspeichervolumen		0	[m <sup>3</sup> ]
relatives Restmethanpotential		-	[%]
TS-Gehalt im Gärrest in FM		4,2	[%]
oTS-Gehalt im Gärrest in TS		69,0	[%]
<b>Gasproduktion:</b>			
Messung nach Fermenter, vor BHKW			
<b>Gaszusammensetzung</b>			
[Vol-%]	CH <sub>4</sub>	51,5	
[Vol-%]	CO <sub>2</sub>	43,8	
[Vol-%]	O <sub>2</sub>	-	
[ppm]	H <sub>2</sub> S	109	
<b>Mittlere Gasausbeuten Einsatzstoffmix</b>			
	Biogas	Methan	
[m <sup>3</sup> /t] in FM	32	16	
[m <sup>3</sup> /t] in oTS	581	299	
<b>Stromproduktion</b>			
[kWh/d]	1.784		
[kWh/t]	59		

Tabelle 15-129:           Ökonomisches Datenblatt der Biogasanlage 46 im Jahr 2017

BGA 46			
installierte elektrische Leistung	75 kW	eingespeiste Strommenge 2017	610.250 kWh
elektrische Höchstbemessungsleistung	71 kW	Gesamtinvestitionsvolumen	588.000 €
<b>Leistungen</b>			
Stromerlöse (exklusive KWK-Bonus)	100,00 %		140.724 €/a
Wärmeerlöse (inklusive KWK-Bonus)	0,00 %		- €/a
Sonstige Erlöse	0,00 %		- €/a
<b>Gesamterlöse</b>	<b>100 %</b>		<b>140.724 €/a</b>
<b>Kosten</b>			
Substratkosten	0,00 %		- €/a
<i>davon Kosten für NawaRo</i>			
<i>Mais</i>	- €/t		- €/a
<i>Gras</i>	- €/t		- €/a
<i>Restliche NawaRo</i>	- €/t		- €/a
Personalkosten	26,36 %		36.000 €/a
Instandhaltungskosten	12,92 %		17.640 €/a
Abschreibungen	34,97 %		47.750 €/a
Sonstige Betriebskosten	25,75 %		35.170 €/a
<i>davon</i>			
<i>Zündöl</i>			- €/a
<i>Strombezug</i>			6.893 €/a
<i>Miete und Pacht</i>			- €/a
<i>Maschinenmiete und Leasing</i>			- €/a
<i>Prozessbetreuung und Beratung</i>			- €/a
<i>Versicherungen, Beiträge und Abgaben</i>			6.500 €/a
<i>Berufsgenossenschaft</i>			- €/a
<i>Sonst. Schmierstoffe und Betriebsmittel</i>			11.760 €/a
<i>Zinszahlungen</i>			10.017 €/a
<i>Buchführung und Verwaltung</i>			- €/a
<i>Sonstiges</i>			- €/a
<b>Gesamtkosten</b>	<b>100 %</b>		<b>136.560 €/a</b>
<b>Bilanz</b>			
Gesamterlöse			23,06 ct/kWh
Stromgestehungskosten			22,38 ct/kWh
Betriebszweigergebnis			0,68 ct/kWh
<b>Betriebszweigergebnis</b>			<b>4.163 €/a</b>

## 15.46 Biogasanlage 47

### 15.46.1 Anlagenbeschreibung

Die Biogasanlage 47 (vgl. Abbildung 15-200) befindet sich im mittleren Südwesten von Deutschland und wird in Kooperation von mehreren Landwirten und einem Netzbetreiber betrieben. Ein Landwirt ist für das operative Geschäft verantwortlich und angestellt. Die Inbetriebnahme der Biogasanlage erfolgte Ende 2011. Die Anlage besteht aus einem Fermenter und einen Nachgärer, die in Reihe geschaltet sind und jeweils ein Arbeitsvolumen von 1.711 m<sup>3</sup> besitzen. Das vergorene Material wird in einem gasdichten Gärrestlager mit 4.704 m<sup>3</sup> Arbeitsvolumen bis zur Ausbringung auf die landwirtschaftlichen Flächen gelagert.

Die Substratzufuhr erfolgt über einen Feststoffdosierer, welcher die Einsatzstoffe mittels Abschieber und über eine Stopfschnecke dem Fermenter zuführt. Flüssige Einsatzstoffe werden über eine Güllepumpe direkt in den Fermenter eingebracht. Der Transport des Gärmediums von Behälter zu Behälter erfolgt im Überlaufprinzip. Mittels einer Zentralpumpe kann der Betrieb zusätzlich flexibel gesteuert werden. Das Anmischen der Einsatzstoffe erfolgt direkt im Fermenter. Hierfür sind zwei Langachs-Propellerrührwerke installiert. Der Nachgärbehälter ist ebenfalls mit zwei Langachs-Propellerrührwerken ausgestattet. Im Gärrestlager sind 4 Tauchmotorrührwerke zum Durchmischen verbaut. Sickersaft wird im Normalbetrieb in das Gärrestlager geleitet.

Zur Zwischenspeicherung des produzierten Biogases ist das Gärrestlager mit einer Doppelmembrangasspeicherfolie abgedeckt. Das Gasspeichervolumen beträgt 1.200 m<sup>3</sup>. Zusätzlich können 200 m<sup>3</sup> Gas in einen externen Gasspeicher gespeichert werden. Das produzierte Biogas wird biologisch entschwefelt und auf dem Weg zur Gasverwertung wird das enthaltene Wasser auskondensiert, sowie durch einen AktivkohlfILTER weiter gereinigt. Die Gasverwertung erfolgt mittels Gas-Otto-BHKW, welches am Anlagenstandort betrieben wird und eine elektrische Nennleistung von 637 kW besitzt. Der Strom wird vollständig in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Die produzierte Wärme wird neben der Beheizung der Gärbehälter und des Betriebsgebäudes, zur Versorgung einer Schäferei, einer Gärtnerei, einem Gemeinde- und einem Gesundheitszentrum verwendet.

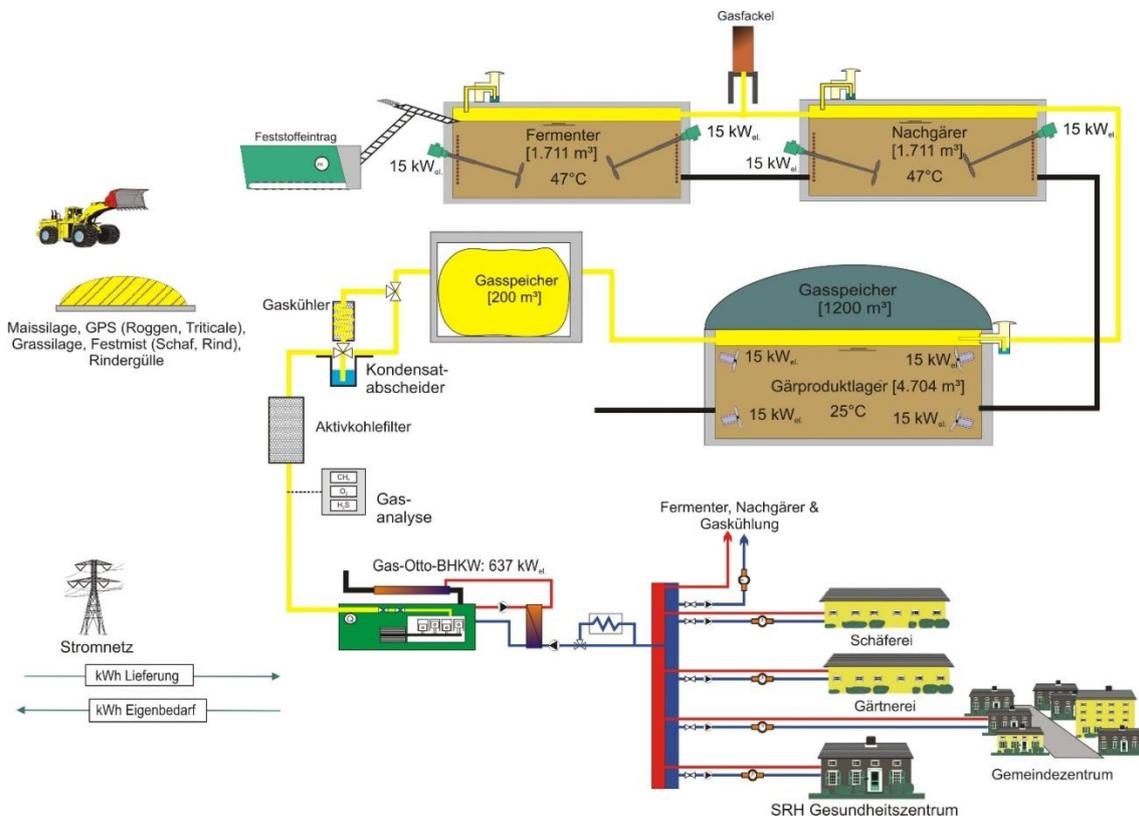


Abbildung 15-200: Anlagenschema Biogasanlage 47

### 15.46.2 Möglichkeiten zur Beurteilung des Betriebs

Die messtechnische Ausstattung der BGA ist in Tabelle 15-130 aufgelistet. Die Einsatzstoffmengen kann jeder Zeit per Waage genau erfasst werden. Volumenströme der flüssigen Einsatzstoffe werden per Durchflusszähler gemessen. Sowohl Gasmengen als auch Eigenwärmeverbrauch können nicht gemessen werden.

Tabelle 15-130: Übersicht der vorhandenen Messtechnik der BGA 47

Zu erfassende Kenngröße	Art der Erfassung	Anmerkung
Feste Einsatzstoffe	Waage an Feststoffeintrag	Silage sehr genau erfasst (Kalibrierung vor Messbeginn), Zufuhr von Mist abgeschätzt
Flüssige Einsatzstoffe	Durchflussmengen-zähler	Masse wird abgeschätzt
Gasqualität	Gasanalysegerät CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S	Alle 15 Minuten Messung, alle Werte werden gelogt
Gaszähler	Wird nicht gemessen	
Stromzähler	Zähler am BHKW	Alle 15 Minuten loggen der Daten
Eigenstromverbrauch	Zähler zur Erfassung des Verbrauches der Biogasanlage	Alle 15 Minuten loggen der Daten
Eigenwärmeverbrauch	Wird nicht gemessen	

Es erfolgt einmal im Monat eine externe Analyse des Fermenters auf pH, FOS/TAC und Säuren. Zugabe von NaCl und einer flüssigen Spurenelementlösung erfolgt regelmäßig.

Die Probennahme am Fermenter und Nachgärer erfolgte jeweils an einem Probenahmeahn. Eine Probe vom Gärrestlager wurde genommen, in dem eine Radladerschaufel mit Gärsubstrat aus dem Auslass gefüllt wurde.

Die Grassilage ist unterhalb der Mais-Ganzpflanzensilage als Mischsilage einsiliert worden. Die Probennahme erfolgte jeweils einzeln für beide Substrate. Die Probennahme der Grassilage war häufiger nicht möglich, da die Schicht an Grassilage nicht zu erreichen war.

### 15.46.3 Anlagenbetrieb während des Messzeitraumes

Die Biogasanlage 47 wurde im Zeitraum von September 2017 bis August 2018 messtechnisch begleitet. In diesem Zeitraum wurde vorwiegend Mais-Ganzpflanzensilage (54 %) und Rindergülle (42 %) (vgl. Abbildung 15-201) aus den umliegenden Betrieben eingesetzt. Ergänzend wurden Grassilage (3 %), sowie Schafs- (8 %) und Rindermist (2 %) gefüttert. Die mittlere tägliche Fütterungsmenge betrug 49 t/d und ist relativ konstant. Als Additive wurden Spurenelemente hinzugegeben.

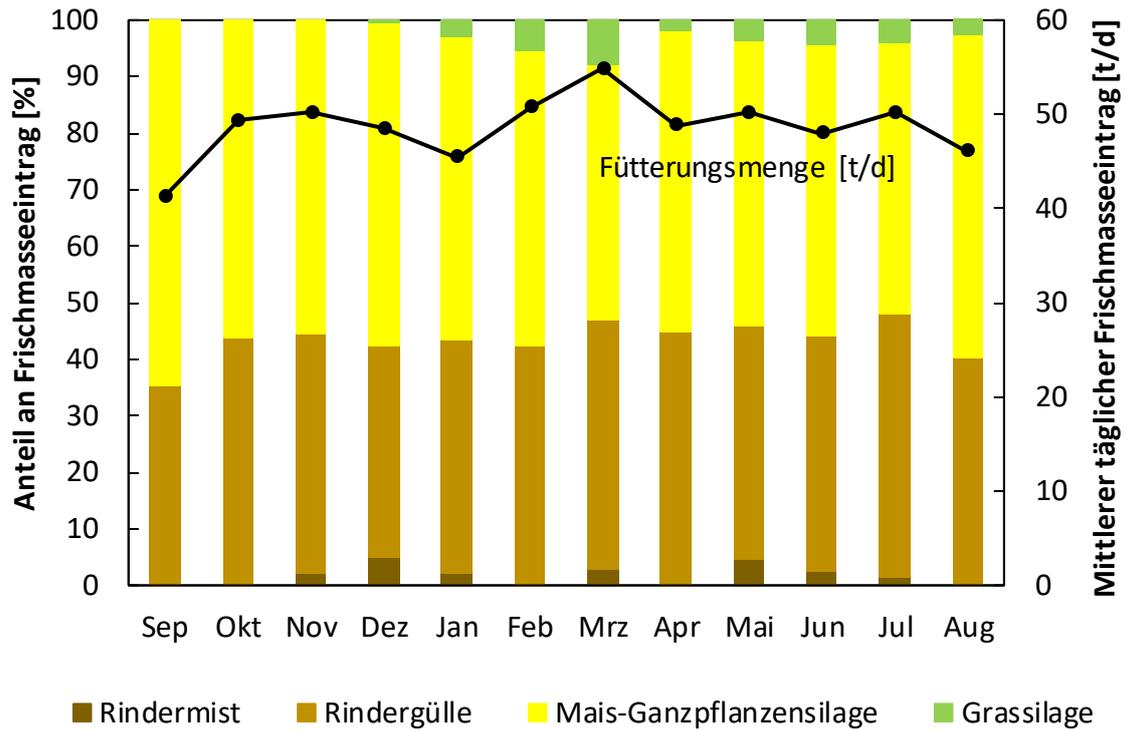


Abbildung 15-201: Zeitlicher Verlauf der Substratzusammensetzung und der zugeführten Substratmenge

Prozessstörungen traten im Betrachtungszeitraum nicht auf. Der FOS/TAC-Wert im Fermenter lag sehr konstant unterhalb von 0,3 (vgl. Abbildung 15-202). Nur im Januar ist ein deutlich höherer Wert gemessen worden. Die Ursache dafür ist nicht bekannt. Beeinträchtigungen im Prozess lagen nicht vor.

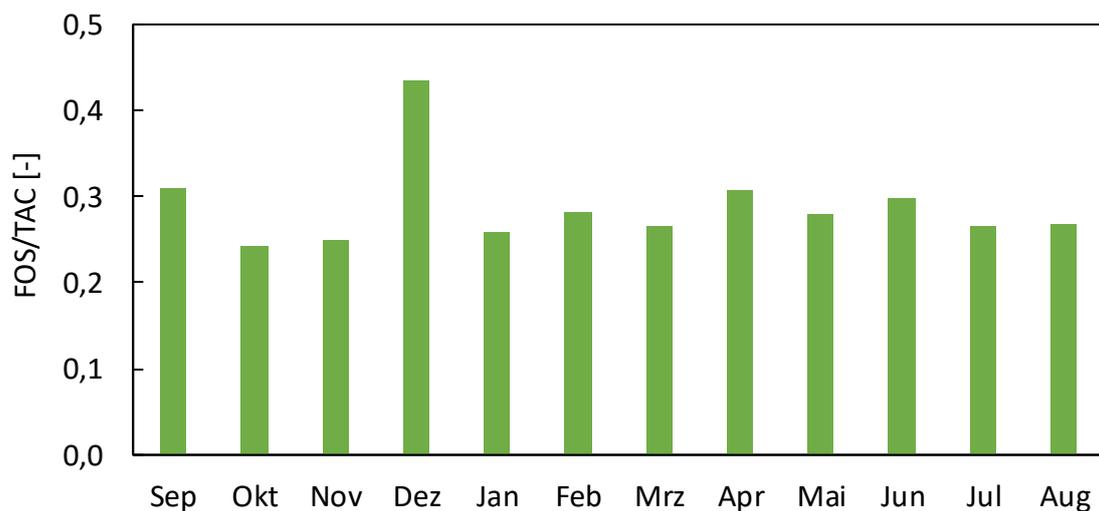


Abbildung 15-202: Zeitlicher Verlauf des FOS/TAC im Fermenter

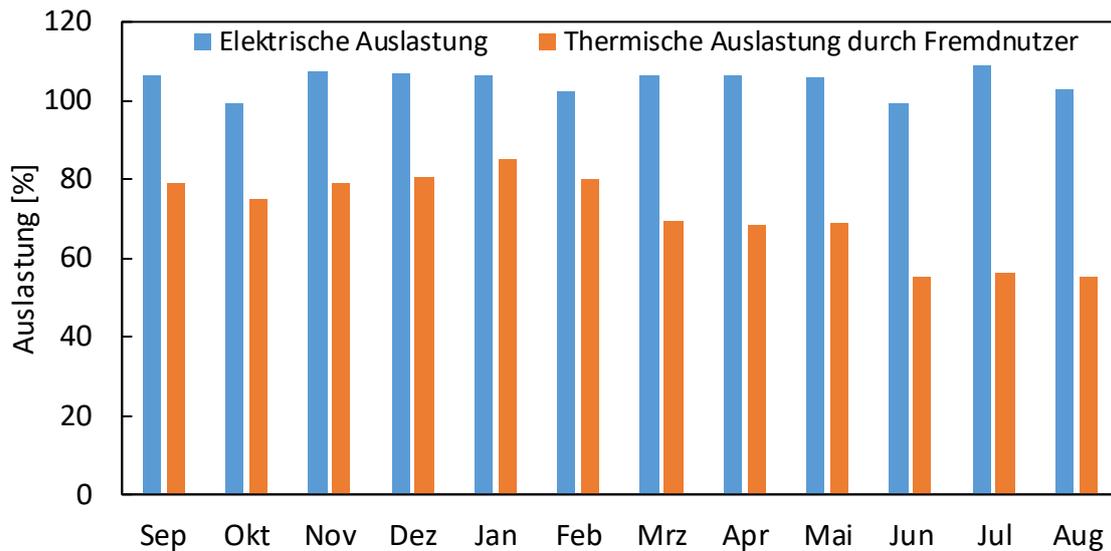


Abbildung 15-203: Elektrische Auslastung und thermische Auslastung durch Fremdnutzer bezogen auf die Höchstbemessungsleistung

Die elektrische Auslastung des BHKW lag im Jahresdurchschnitt während des Messzeitraumes bei 105 % relativ zur Höchstbemessungsleistung (vgl. Abbildung 15-203). Größere Schwankungen sind nicht zu erkennen. Es sei darauf hingewiesen, dass der Messzeitraum nicht identisch zum Kalenderjahr war. Aufgrund des großen Wärmenetzes liegt thermische Auslastung durch Fremdnutzer im Jahresdurchschnitt bei 71 %, wobei im Winter Auslastungen bei über 80 % und im Sommer die Auslastung nur bei 50 % liegt.

Die Biogasanlage wurde mit einer organischen Raumbelastung von 3,2 kg<sub>oTS</sub>/(m<sup>3</sup> d) und einer Verweilzeit von 71 Tagen im Fermentersystem gefahren. Beide Parameter liegen im Durchschnitt der Anlagen. Probleme bei dieser Fahrweise sind nicht zu erwarten. Dies wird durch die geringen Essigsäureäquivalente, FOS/TAC-Werte, hohen oTS-Abbau und hohe FoTS-Ausbeute, sowie den geringen Restgaspotential unterstrichen.

Tabelle 15-131: Datenblatt der Biogasanlage 47

BGA 47						
<b>Allgemeine Angaben:</b>						
installierte elektrische Leistung	637 kW					
Inbetriebnahme	11.2011					
Zeitraum der Messphase	09.2017 - 08.2018					
Einsatzstoffe	NawaRo, tierische Exkremente					
Gasverwertung	1 VOV-BHKW					
Erhalt Flexibilitätsprämie	nein					
Betriebsform	sonstige Anlage					
<b>Bauliche Anlagen:</b>				<b>Einsatzstoffe:</b>		
Benennung	<b>Fermenter</b>	<b>Nachgärer</b>	<b>Fermentersystem</b>	Mengenangaben in FM		
Anzahl	1	1		Gesamt-Jahresmenge	17.701 [t/a]	
Reaktorvolumen [m³]	1.900	1.900	3.800	Gesamt-Tagesmenge	48,5 [t/d]	
Arbeitsvolumen [m³]	1.711	1.711	3.422	Grassilage	2,8 [%]	
stehend / liegend [-]	stehend	stehend		Mais-Ganzpflanzensilage	53,6 [%]	
Gasspeichervolumen [m³]	0	0	0	Rindergülle	42,0 [%]	
<b>Betriebsparameter:</b>				Rindermist	1,8 [%]	
TS-Gehalt in FM [%]	9,3	8,0		Schafmist	7,7 [%]	
oTS-Gehalt in TS [%]	75,1	70,2		<b>Einsatzstoffmix</b>		
organische Raumbelastung in oTS [kg/(m³ d)]			3,2 <sub>FS</sub>	mittlerer TS-Gehalt in FM	24,9 [%]	
Verweilzeit [d]			71 <sub>FS</sub>	mittlerer oTS-Gehalt in TS	89,5 [%]	
oTS-Abbau [%]			83 <sub>GSV</sub>	mittlerer FoTS-Gehalt in TS	72,0 [%]	
FoTS-Ausbeute [%]			110 <sub>GSV</sub>	<b>Gärrestlager:</b>		
CH <sub>4</sub> -Produktivität [m³/(m³ d)]			1,2 <sub>FS</sub>	Anzahl	1	
BG-Produktivität [m³/(m³ d)]			2,3 <sub>FS</sub>	Lagerkapazität gasdicht	4.704 [m³]	
pH [-]	7,4	7,6		Lagerkap. nicht gasdicht / off	0 [m³]	
Temperatur [°C]	47	48		Gasspeichervolumen	1.200 [m³]	
NH <sub>4</sub> -N in FM [g/kg]	2,0	2,7		relatives Restmethanpotenzial	2,7 [%]	
N <sub>ges</sub> -N in FM [g/kg]	4,2	4,3		TS-Gehalt im Gärrest in FM	6,5 [%]	
Essigsäureäquivalent in FM [mg/l]	313	133		oTS-Gehalt im Gärrest in TS	67,9 [%]	
FOS/TAC [-]	0,29	0,20		<b>Gasproduktion:</b>		
<b>Gasverwertung:</b>				Messung	vor AKF	
Netto-Methannutzungsgrad [%]	63			<b>Gaszusammensetzung</b>		
<b>BHKW 1</b>				[Vol-%]	CH <sub>4</sub>	51,0
Motortyp	GO			[Vol-%]	CO <sub>2</sub>	45,4
elektr. Nennleistung [kW]	637			[Vol-%]	O <sub>2</sub>	1
therm. Nennleistung [kW]	717			[ppm]	H <sub>2</sub> S	-
elektr. Wirkungsgrad [%]	40,0			<b>Mittlere Gasausbeuten Einsatzstoffmix</b>		
therm. Wirkungsgrad [%]	45,0				Biogas	Methan
Betriebsweise BHKW [-]	Volllast			[m³/t] in FM	163	83
Jahresbetriebsstunden [h/a]	8.649			[m³/t] in oTS	732	373
theor. Volllaststunden [h/a]	8.551			<b>Stromproduktion</b>		
elektr. Arbeitsausnutzung [%]	98			[kWh/d]	15.229	
GO - Gas-Otto-Motor; ZS - Zündstrahl-Motor; BG - Biogas				[kWh/t]	314	
<b>Eigenstrombedarf:</b>				<b>Wärmeverwertung:</b>		
BGA gesamt	[kWh/a]			[kWh/a]		
372.437	7	[% der Stromproduktion]	Eigenbedarf BGA	412.757	7	[% der Wärmeproduktion]
			externe Wärmemenge	4.597.400	74	[% der Wärmeproduktion]

Tabelle 15-132: Ökonomisches Datenblatt der Biogasanlage 47 im Jahr 2017

BGA 47			
installierte elektrische Leistung	637 kW	eingespeiste Strommenge 2017	5.329.040 kWh
elektrische Höchstbemessungsleistung	605 kW	Gesamtinvestitionsvolumen	4.870.000 €
<b>Leistungen</b>			
Stromerlöse (exklusive KWK-Bonus)	81,43 %		962.312 €/a
Wärmeerlöse (inklusive KWK-Bonus)	18,57 %		219.423 €/a
Sonstige Erlöse	0,00 %		- €/a
<b>Gesamterlöse</b>	<b>100 %</b>		<b>1.181.735 €/a</b>
<b>Kosten</b>			
Substratkosten	33,49 %		340.205 €/a
<i>davon Kosten für NawaRo</i>			
<i>Mais</i>	34,32 €/t		88.480 €/a
<i>Gras</i>	24 €/t		16.944 €/a
<i>Restliche NawaRo</i>	85,63 €/t		223.827 €/a
Personalkosten	6,73 %		68.410 €/a
Instandhaltungskosten	8,89 %		90.303 €/a
Abschreibungen	31,95 %		324.603 €/a
Sonstige Betriebskosten	18,94 %		192.448 €/a
<i>davon</i>			
<i>Zündöl</i>			- €/a
<i>Strombezug</i>			68.274 €/a
<i>Miete und Pacht</i>			500 €/a
<i>Maschinenmiete und Leasing</i>			- €/a
<i>Prozessbetreuung und Beratung</i>			9.669 €/a
<i>Versicherungen, Beiträge und Abgaben</i>			22.599 €/a
<i>Berufsgenossenschaft</i>			- €/a
<i>Sonst. Schmierstoffe und Betriebsmittel</i>			3.628 €/a
<i>Zinszahlungen<sup>1</sup></i>			79.312 €/a
<i>Buchführung und Verwaltung</i>			- €/a
<i>Sonstiges</i>			8.467 €/a
<b>Gesamtkosten</b>	<b>100 %</b>		<b>1.015.970 €/a</b>
<b>Bilanz</b>			
Gesamterlöse		22,18	ct/kWh
Stromgestehungskosten		19,06	ct/kWh
Betriebszweigergebnis		3,11	ct/kWh
<b>Betriebszweigergebnis</b>		<b>165.765</b>	<b>€/a</b>

<sup>1</sup> Abschätzung der Zinszahlungen aus der Angabe von Kreditvolumen, Kreditlaufzeit und effektiven Jahreszins

## 15.47 Biogasanlage 48

### 15.47.1 Anlagenbeschreibung

Die Biogasanlage 48 befindet sich im mittleren Südwesten von Deutschland und ist angeschlossen an einen landwirtschaftlichen Betrieb mit eigenem Ackerbau und einer integrierten Mutterkuhhaltung, sowie an einer gemeinschaftlichen öffentlichen Einrichtung. Die Inbetriebnahme der Biogasanlage erfolgte im Dezember 2011 nach Vergütung des EEG 2009. Die Anlage ist 2-stufig aufgebaut, bestehend aus in Reihe geschaltetem Fermenter und Nachgärer mit jeweils 1.400 m<sup>3</sup> Arbeitsvolumen. Das vergorene Material wird in einem offenen Gärrestlager bis zur Ausbringung auf die eigenen Flächen gelagert (vgl. Abbildung 15-204).

Die Substratzufuhr erfolgt über einen Feststoffdosierer, welcher die Einsatzstoffe mittels zweier Stopfschnecken dem Fermenter zuführt. Flüssige Einsatzstoffe werden aus einer Vorgrube über eine Güllepumpe direkt in den Fermenter eingebracht. Mittels einer Zentralpumpe kann Gärsubstrat zwischen den Behältern gepumpt werden. Das Anmischen der Einsatzstoffe erfolgt direkt im Fermenter. Hierfür sind ein langsam drehendes Langachs-Propellerrührwerk sowie zwei schnell laufende Tauchmotorrührwerke installiert. Der Nachgärer ist mit zwei Tauchmotorrührwerken ausgestattet. Ein mobiler Separator separiert in unregelmäßigen Abständen den festen und flüssigen Anteil der Gülle und des Nachgärers um die Pumpfähigkeit des Materials sicherzustellen.

Zur Zwischenspeicherung des produzierten Biogases sind beide Behälter mit einer Doppelmembrangasspeicherfolie abgedeckt. Das Gasspeichervolumen je Behälter beträgt 490 m<sup>3</sup>. Das produzierte Biogas wird biologisch und anschließend per Aktivkohle entschwefelt. Zusätzlich wird das Gas abgekühlt und das kondensierende Wasser mittels Kondensatabscheider abgetrennt. Die Gasverwertung erfolgt durch ein Zündstrahl-BHKW. Die installierte elektrische Nennleistung beträgt 250 kW. Der Strom wird vollständig in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Die produzierte Wärme wird neben der Beheizung der Gärbehälter zur Versorgung der Betriebsgebäude und eines energieautarken Dorfes verwendet.

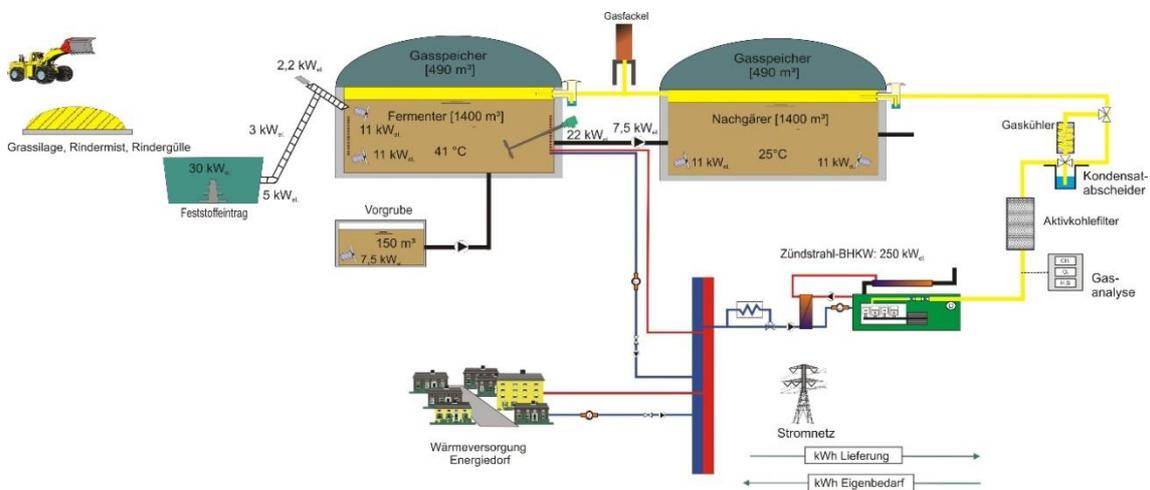


Abbildung 15-204: Anlagenschema BGA 48

### 15.47.2 Möglichkeiten zur Beurteilung des Betriebs

Die messtechnische Ausstattung der BGA ist in Tabelle 15-133 aufgelistet. Eine genaue Erfassung der Einsatzstoffmengen erfolgt täglich über eine Waage und wird im Fütterungstagebuch handschriftlich festgehalten. Eine Vielzahl an Parametern (z. B. Gasqualität, Gaszähler, Stromzähler) wird täglich geloggt und in einem Betriebstagebuch digital gespeichert. Zähler für Wärmeverbräuche und den Stromverbrauch des BHKW wurden bei jedem Messtermin Anfang eines Monats an den jeweiligen Zählern abgelesen.

Tabelle 15-133: Übersicht der vorhandenen Messtechnik der BGA 48

Zu erfassende Kenngröße	Art der Erfassung	Anmerkung
Feste Einsatzstoffe	Wiegevorrichtung	Wird regelmäßig mit Gewichten kalibriert; täglicher handschriftlicher Aufschrieb aller Inputsubstratmengen
Flüssige Einsatzstoffe	Durchflussmengenähler	Ablesung täglich per Hand
Gasqualität	Gasanalysegerät CH <sub>4</sub> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S	Tägliche Messung wird geloggt
Gaszähler	Volumenstromzähler am BHKW	Tägliche Messung wird geloggt
Stromzähler	Zähler am BHKW	Tägliche Messung wird geloggt
Eigenstromverbrauch	Getrennter Zähler für Biogasanlage und BHKW	Tägliche Messung; Eigenverbrauch Biogasanlage wird geloggt, BHKW Zähler monatlich per Hand notiert
Eigenwärmeverbrauch	Zähler vor Biogasanlage	Monatlich per Hand notiert

Die Proben des Gärsubstrats wurden jeweils über ein Probenahmehahn gezogen und die Probe der Rindergülle wurde in der Vorgrube mit Hilfe eines Eimers genommen.

### 15.47.3 Anlagenbetrieb während des Messzeitraumes

Die Biogasanlage 48 wurde im Zeitraum von September 2017 bis August 2018 messtechnisch begleitet. In diesem Zeitraum wurde Rindergülle (45 %), Rindermist (7 %) und Grassilage (48 %) überwiegend aus dem eigenen Betrieb eingesetzt (vgl. Abbildung 15-205). Die mittlere tägliche Fütterungsmenge betrug 21,7 t/d. Auffällig ist, dass die zugeführte Substratmenge in den Wintermonaten deutlich höher als im Sommer ist. Dies ist auf den jahreszeitlich bedingten, höheren Wärmebedarf zurückzuführen, da die Anlage wärmegeführt gefahren wurde. Es wurden Enzyme zugesetzt und dauerhaft 2 t/d Gärrest rezirkuliert.

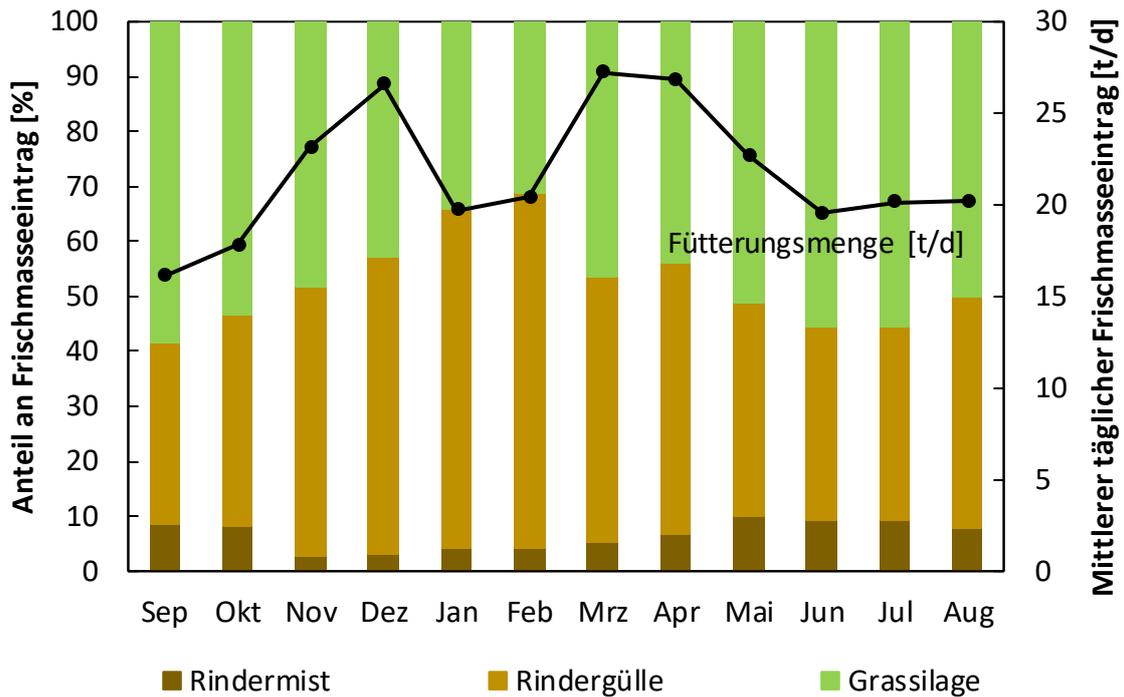


Abbildung 15-205: Zeitlicher Verlauf der Substratzusammensetzung und der zugeführten Substratmenge

Prozessstörungen traten im Betrachtungszeitraum nicht auf. Im November und Dezember musste die Gülle separiert werden, da die Gülle ohne Separierung nicht pumpfähig war.

Der FOS/TAC-Wert des Fermenters lag dauerhaft unter 0,3 und war sehr stabil (vgl. Abbildung 15-206). Im Oktober 2017, Januar 2018 und September 2018 fehlen FOS/TAC-Werte, da eine Probenahme des Gärsubstrats im Fermenter nicht möglich war. Der Probenahmehahn war jeweils mit Grassilage verstopft.

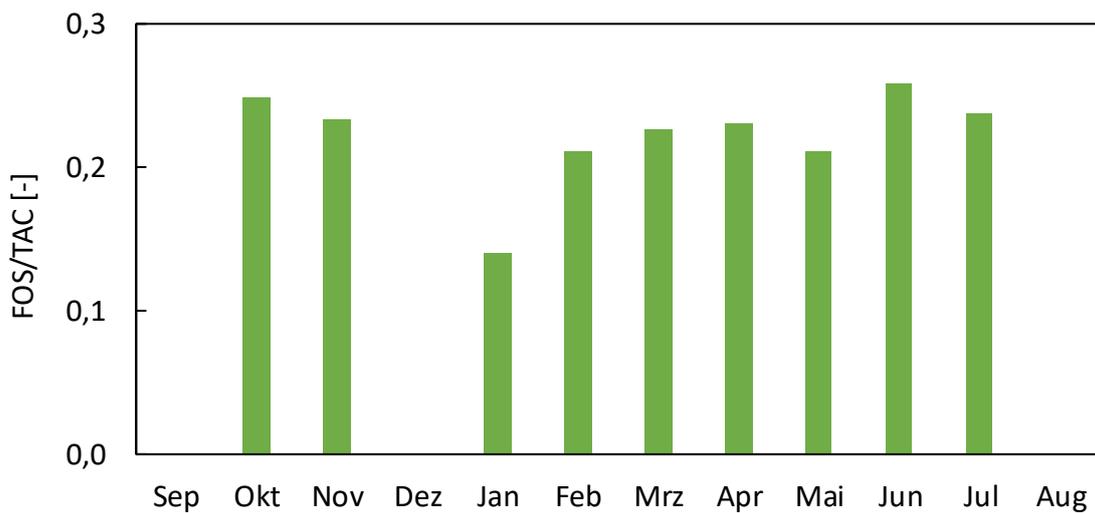


Abbildung 15-206: Zeitlicher Verlauf des FOS/TAC im Fermenter

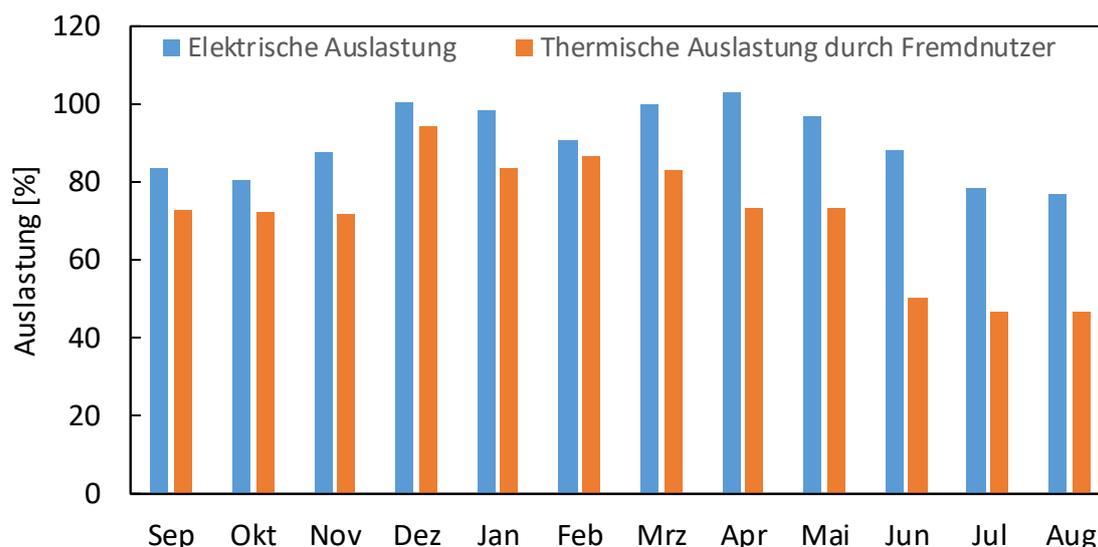


Abbildung 15-207: Elektrische Auslastung und Thermisch Auslastung bezogen auf die Höchstbemessungsleistung

Die elektrische Auslastung der BHKW ist im Jahresdurchschnitt 90 % relativ zur Höchstbemessungsleistung (vgl. Abbildung 15-207), wobei im Sommer die Auslastung auf unter 80 % heruntergefahren worden ist, da die Anlage wärmegeführt betrieben worden ist. Die thermische Auslastung durch Fremdnutzer ist sehr hoch und liegt im Jahresdurchschnitt bei 75 %. Im Winter beträgt die Auslastung über 90 %, während im Sommer diese auf 49 % fällt.

Die Biogasanlage wurde mit einer organischen Raumbelastung von  $2,5 \text{ kg}_{\text{oTS}}/(\text{m}^3 \text{ d})$  und einer Verweilzeit von 65 Tagen im Fermentersystem gefahren. Die Verweilzeit ist im unteren Durchschnitt der Anlagen, die organische Raumbelastung hingegen ist im Mittelfeld der Anlagen zu finden. Die Abbauparameter zeigen keine kritischen Werte auf. Einzig der geringe oTS-Abbau ist auffällig. Dies ist allerdings mit dem hohen Gülleanteil zu begründen.

Tabelle 15-134: Datenblatt der Biogasanlage 48

BGA 48																																													
<b>Allgemeine Angaben:</b>																																													
installierte elektrische Leistung	250 kW																																												
Inbetriebnahme	12.2011																																												
Zeitraum der Messphase	09.2017 - 08.2018																																												
Einsatzstoffe	NawaRo, tierische Exkremente																																												
Gasverwertung	1 VOV-BHKW																																												
Erhalt Flexibilitätsprämie	nein																																												
Betriebsform	sonstige Anlage																																												
<b>Bauliche Anlagen:</b>			<b>Einsatzstoffe:</b>																																										
Benennung	Fermenter		Fermentersystem		Mengenangaben in FM																																								
Anzahl	1				Gesamt-Jahresmenge 7.902 [t/a]																																								
Reaktorvolumen	[m³]	1.525	1.525		Gesamt-Tagesmenge 21,6 [t/d]																																								
Arbeitsvolumen	[m³]	1.400	1.400		Grassilage 47,3 [%]																																								
stehend / liegend	[-]	stehend			Rindergülle 46,4 [%]																																								
Gasspeichervolumen	[m³]	490	490		Rindermist 6,5 [%]																																								
<b>Betriebsparameter:</b>			<b>Einsatzstoffmix</b>																																										
TS-Gehalt in FM	[%]	11,3			mittlerer TS-Gehalt in FM 18,7 [%]																																								
oTS-Gehalt in TS	[%]	70,3			mittlerer oTS-Gehalt in TS 86,0 [%]																																								
organische Raumbelastung in oTS	[kg/(m³ d)]		2,5 <sub>FS</sub>		mittlerer FoTS-Gehalt in TS 54,4 [%]																																								
Verweilzeit	[d]		65 <sub>FS</sub>																																										
oTS-Abbau	[%]		61 <sub>GSY</sub>																																										
FoTS-Ausbeute	[%]		125 <sub>GSY</sub>																																										
CH <sub>4</sub> -Produktivität	[m³/(m³ d)]		0,9 <sub>FS</sub>																																										
BG-Produktivität	[m³/(m³ d)]		1,7 <sub>FS</sub>																																										
pH	[-]	7,7																																											
Temperatur	[°C]	42																																											
NH <sub>4</sub> -N in FM	[g/kg]	3,0																																											
N <sub>ges</sub> -N in FM	[g/kg]	5,2																																											
Essigsäureäquivalent in FM	[mg/l]	188																																											
FOS/TAC	[-]	0,22																																											
<b>Gasverwertung:</b>			<b>Gasproduktion:</b>																																										
Netto-Methannutzungsgrad	[%]	68			Messung vor BHKW																																								
		<b>BHKW 1</b>																																											
Motortyp		Z5																																											
elektr. Nennleistung	[kW]	250																																											
therm. Nennleistung	[kW]	233																																											
elektr. Wirkungsgrad	[%]	43																																											
therm. Wirkungsgrad	[%]	40																																											
Betriebsweise BHKW	[-]	Volllast																																											
Jahresbetriebsstunden	[h/a]	8.532																																											
theor. Volllaststunden	[h/a]	6.971																																											
elektr. Arbeitsausnutzung	[%]	80																																											
GO - Gas-Otto-Motor; Z5 - Zündstrahl-Motor; BG - Biogas																																													
<b>Eigenstrombedarf:</b>			<b>Wärmeverwertung:</b>																																										
	[kWh/a]			[kWh/a]																																									
BGA gesamt	189.456	10	[% der Stromproduktion]	Eigenbedarf BGA	306.022	17	[% der Wärmeproduktion]																																						
davon BHKW	1.439	0	[% der Stromproduktion]	Wohngebäude	1.455.824	75	[% der Wärmeproduktion]																																						
			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3"><b>Gaszusammensetzung</b></th> </tr> <tr> <th>[Vol-%]</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CH<sub>4</sub></td> <td>53,2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CO<sub>2</sub></td> <td>-</td> <td></td> </tr> <tr> <td>O<sub>2</sub></td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>H<sub>2</sub>S</td> <td>16</td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="3"><b>Mittlere Gasausbeuten Einsatzstoffmix</b></th> </tr> <tr> <td></td> <td>Biogas</td> <td>Methan</td> </tr> <tr> <td>[m³/t] in FM</td> <td>111</td> <td>59</td> </tr> <tr> <td>[m³/t] in oTS</td> <td>691</td> <td>367</td> </tr> <tr> <th colspan="3"><b>Stromproduktion</b></th> </tr> <tr> <td>[kWh/d]</td> <td>4.774</td> <td></td> </tr> <tr> <td>[kWh/t]</td> <td>221</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				<b>Gaszusammensetzung</b>			[Vol-%]			CH <sub>4</sub>	53,2		CO <sub>2</sub>	-		O <sub>2</sub>	1		H <sub>2</sub> S	16		<b>Mittlere Gasausbeuten Einsatzstoffmix</b>				Biogas	Methan	[m³/t] in FM	111	59	[m³/t] in oTS	691	367	<b>Stromproduktion</b>			[kWh/d]	4.774		[kWh/t]	221	
<b>Gaszusammensetzung</b>																																													
[Vol-%]																																													
CH <sub>4</sub>	53,2																																												
CO <sub>2</sub>	-																																												
O <sub>2</sub>	1																																												
H <sub>2</sub> S	16																																												
<b>Mittlere Gasausbeuten Einsatzstoffmix</b>																																													
	Biogas	Methan																																											
[m³/t] in FM	111	59																																											
[m³/t] in oTS	691	367																																											
<b>Stromproduktion</b>																																													
[kWh/d]	4.774																																												
[kWh/t]	221																																												

Tabelle 15-135: Ökonomisches Datenblatt der Biogasanlage 48 im Jahr 2017

BGA 48			
installierte elektrische Leistung	250 kW	eingespeiste Strommenge 2017	1.673.661 kWh
elektrische Höchstbemessungsleistung	238 kW	Gesamtinvestitionsvolumen	1.603.000 €
<b>Leistungen</b>			
Stromerlöse (exklusive KWK-Bonus)	72,61 %		352.538 €/a
Wärmeerlöse (inklusive KWK-Bonus)	27,39 %		132.960 €/a
Sonstige Erlöse	0,00 %		- €/a
<b>Gesamterlöse</b>	<b>100 %</b>		<b>485.498 €/a</b>
<b>Kosten</b>			
Substratkosten	26,40 %		126.741 €/a
<i>davon Kosten für NawaRo</i>			
<i>Mais</i>	- €/t		- €/a
<i>Gras</i>	34 €/t		126.741 €/a
<i>Restliche NawaRo</i>	- €/t		- €/a
Personalkosten	8,44 %		40.500 €/a
Instandhaltungskosten	6,10 %		29.291 €/a
Abschreibungen	29,57 %		141.964 €/a
Sonstige Betriebskosten	29,49 %		141.606 €/a
<i>davon</i>			
<i>Zündöl</i>			33.415 €/a
<i>Strombezug</i>			4.329 €/a
<i>Miete und Pacht</i>			- €/a
<i>Maschinenmiete und Leasing</i>			12.000 €/a
<i>Prozessbetreuung und Beratung</i>			3.500 €/a
<i>Versicherungen, Beiträge und Abgaben</i>			14.722 €/a
<i>Berufsgenossenschaft</i>			958 €/a
<i>Sonst. Schmierstoffe und Betriebsmittel</i>			13.489 €/a
<i>Zinszahlungen</i>			28.693 €/a
<i>Buchführung und Verwaltung</i>			- €/a
<i>Sonstiges</i>			30.500 €/a
<b>Gesamtkosten</b>	<b>100 %</b>		<b>480.103 €/a</b>
<b>Bilanz</b>			
Gesamterlöse		29,01	ct/kWh
Stromgestehungskosten		28,69	ct/kWh
Betriebszweigergebnis		0,32	ct/kWh
<b>Betriebszweigergebnis</b>		<b>5.395</b>	<b>€/a</b>

## 15.48 Biogasanlage 49

### 15.48.1 Anlagenbeschreibung

Die Biogasanlage 49 befindet sich im mittleren Südwesten von Deutschland und ist in einen landwirtschaftlichen Betrieb mit eigenem Ackerbau, Hühner- und Milchviehhaltung integriert. Die Inbetriebnahme der Biogasanlage erfolgte 2012. Die Anlage ist 2-stufig aufgebaut, bestehend aus in Reihe geschaltetem Fermenter mit 847 m<sup>3</sup> Arbeitsvolumen und einem Nachgärer mit 1.742 m<sup>3</sup> Arbeitsvolumen. Das vergorene Material wird in einem offenen Gärrestlager bis zur Ausbringung auf die eigenen Flächen gelagert (vgl. Abbildung 15-208).

Die Substratzufuhr erfolgt über einen Feststoffdosierer, welcher die Einsatzstoffe über eine Zufuhr- und eine Mischschnecke dem Fermenter zuführt. Flüssige Einsatzstoffe werden über eine Güllepumpe direkt in den Fermenter eingebracht. Der Transport des Gärmediums von Behälter zu Behälter erfolgt im Überlaufprinzip. Im Fermenter ist ein schnell laufendes Langachs-Propellerrührwerk installiert. Der Nachgärbehälter ist mit einem Tauchmotorrührwerk ausgestattet.

Zur Zwischenspeicherung des produzierten Biogases sind beide Behälter mit einer Einfachmembrangasspeicherfolie abgedeckt. Das Gasspeichervolumen beträgt jeweils 654 m<sup>3</sup>. Das produzierte Biogas wird behälterintern biologisch entschwefelt und mittels Kühlstrecke gekühlt. Die Gasverwertung erfolgt durch ein Gas-Otto-BHKW, welches am Anlagenstandort betrieben werden. Die Summe der installierten elektrischen Nennleistung beträgt 75 kW. Der Strom wird vollständig in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Die produzierte Wärme wird zur Beheizung der Gärbehälter und der Betriebsgebäude verwendet.

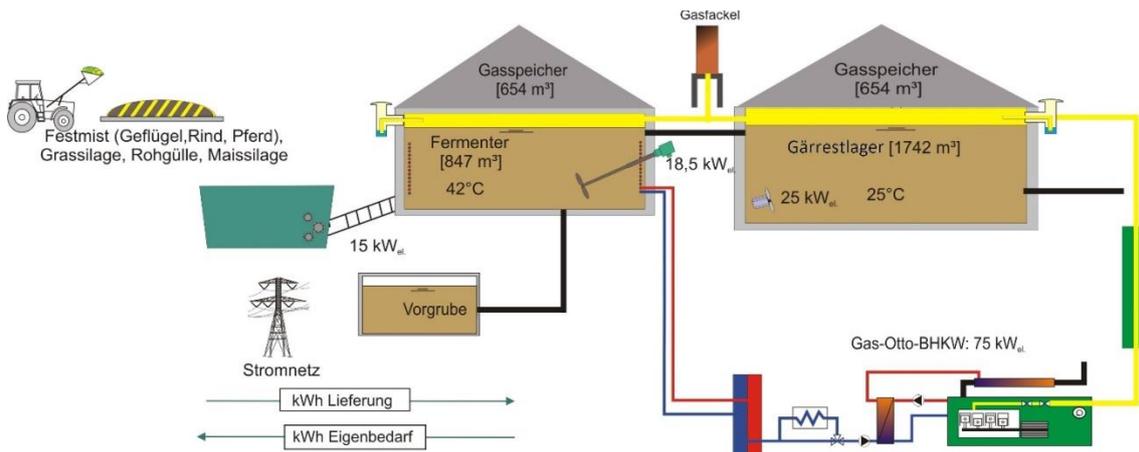


Abbildung 15-208: Anlagenschema BGA 49

### 15.48.2 Möglichkeiten zur Beurteilung des Betriebs

Die messtechnische Ausstattung der BGA ist in Tabelle 15-136 aufgelistet. Die Erfassung der Inputsubstratmenge erfolgte während des Messzeitraums per handschriftlicher Dokumentation des Feststoffeintrags. Der Eintrag an Rohgülle wurde auf Basis der Daten der HIT-Datenbank und von KTBL Standarddaten berechnet. Die Gasqualität musste ebenfalls mit KTBL Standarddaten abgeschätzt werden. Messung der Gaszähler und des Eigenverbrauchs konnten nicht durchgeführt werden.

Tabelle 15-136: Übersicht der vorhandenen Messtechnik der BGA 49

Zu erfassende Kenngröße	Art der Erfassung	Anmerkung
Feste Einsatzstoffe	Waage am Feststoffeintrag	Händischer Aufschrieb für jede Komponente
Flüssige Einsatzstoffe	Wird nicht gemessen	Abschätzung über HIT-Datenbank
Gasqualität	Wird nicht gemessen	Abschätzung über KTBL Werte
Gaszähler	Wird nicht gemessen	
Stromzähler	Zähler am BHKW	Tägliche Ablesung am BHKW
Eigenstromverbrauch	Wird nicht gemessen	
Eigenwärmeverbrauch	Wird nicht gemessen	

Es werden keinerlei Analysen im normalen Betrieb an der Anlage durchgeführt. Die Probennahme des Fermenters wurde am Überlauf mittels Probennahmeahn durchgeführt. Die Probennahme des Nachgärers erfolgte nach Abpumpen des Gärsubstrat in einen offenen Gärrestbehälter.

### 15.48.3 Anlagenbetrieb während des Messzeitraumes

Die Biogasanlage 13 wurde im Zeitraum von September 2017 bis August 2018 messtechnisch begleitet. In diesem Zeitraum wurde Rindergülle (67 %), Hühnertrockenkot (9 %) und Rindermist (6 %), sowie Mais-Ganzpflanzensilage (5 %) und Grassilage (13 %) aus dem eigenen Betrieb (vgl. Abbildung 15-209) eingesetzt. Des Weiteren werden Enzyme hinzugegeben. Die mittlere tägliche Fütterungsmenge betrug 12,4 t/d.

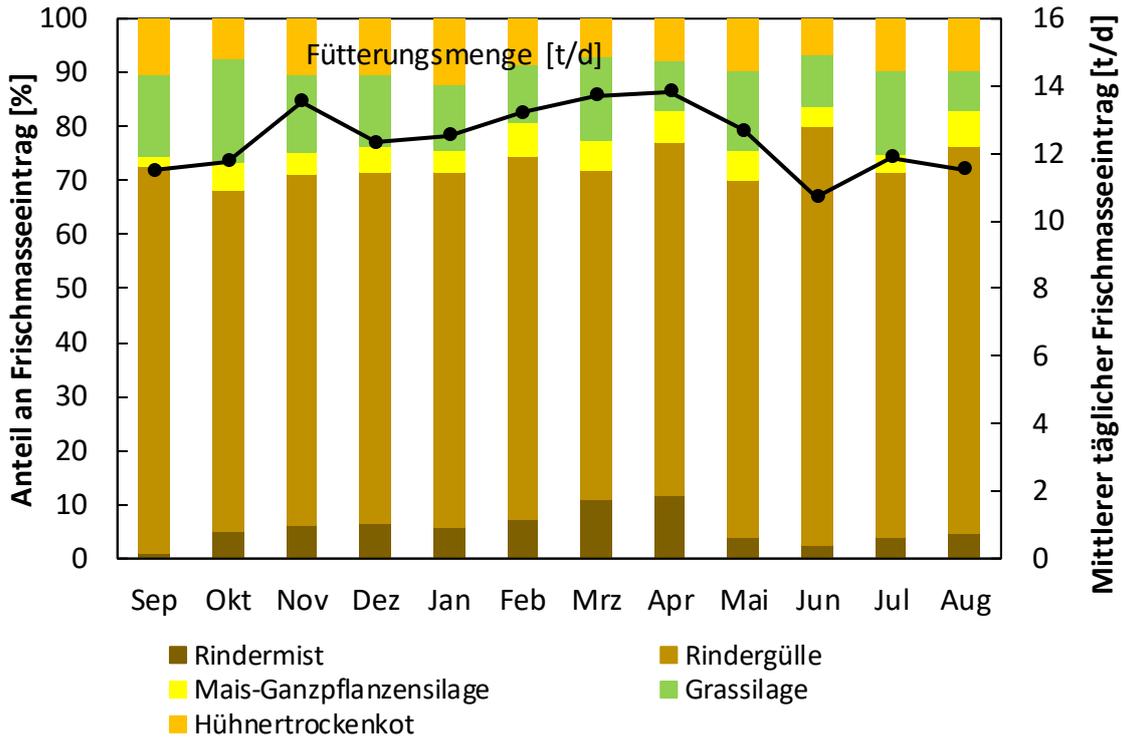


Abbildung 15-209: Zeitlicher Verlauf der Substratzusammensetzung und der zugeführten Substratmenge

Prozessstörungen traten im Betrachtungszeitraum nicht auf. Lediglich das Rührwerk im Nachgärer musste wegen eines Defektes am Motor im Juni 2018 ausgetauscht werden, weshalb der Nachgärer fast vollständig geleert werden musste. Im Februar 2018 stellte sich zudem kurzzeitig eine Schwimmschicht im Fermenter ein, die sich aber durch Rühren wieder auflösen ließ. Als Ursache gab der Betreiber an, dass mehrere Tage keine Enzyme hinzugegeben wurden.

Der FOS/TAC-Wert schwankt nur gering und liegt nur im Oktober im Bereich von 0,3 (vgl. Abbildung 15-210). Prozessbiologische Störungen sind auf Basis dieser Daten nicht zu erkennen.

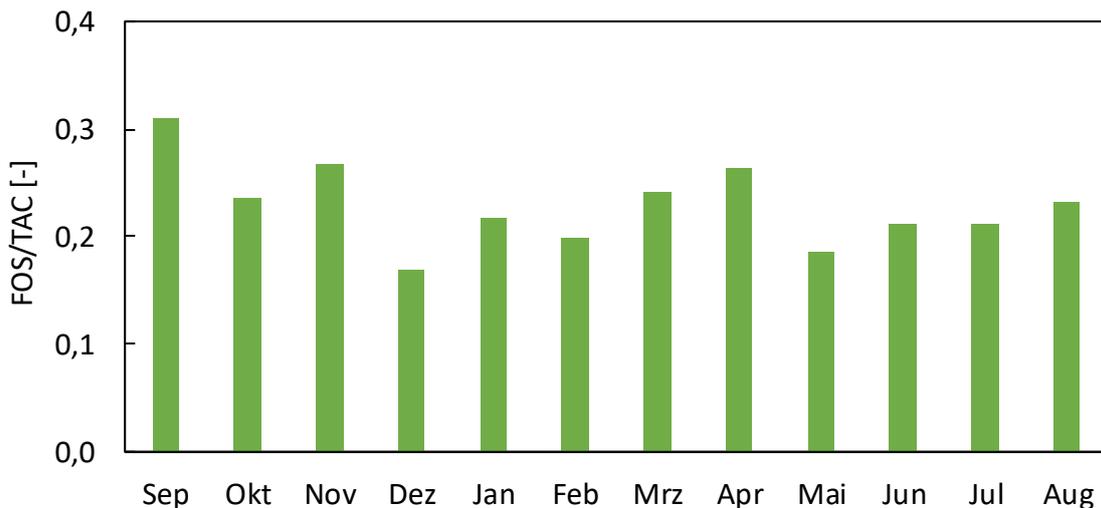


Abbildung 15-210: Zeitlicher Verlauf des FOS/TAC im Fermenter

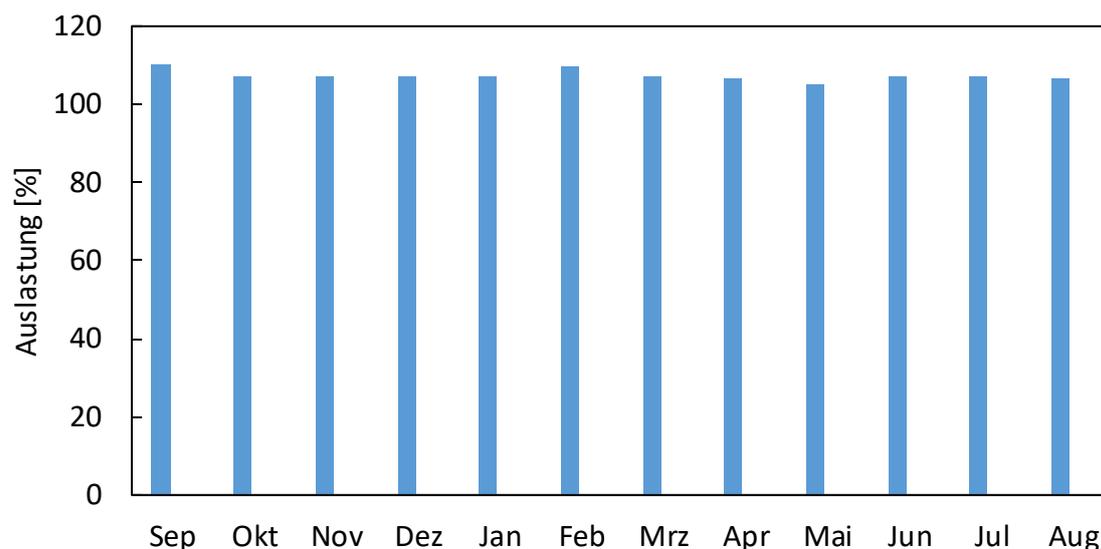


Abbildung 15-211: Elektrische Auslastung bezogen auf die Höchstbemessungsleistung

Die elektrische Auslastung der Höchstbemessungsleistung ist im Jahresdurchschnitt 107 % und es sind keine Schwankungen zu erkennen (vgl. Abbildung 15-211). Die Wärme wird nur zur Beheizung des Fermenters verwendet.

Die Biogasanlage wurde mit einer organischen Raumbelastung von  $1,9 \text{ kg}_{\text{oTS}}/(\text{m}^3 \text{ d})$  und einer Verweilzeit von 73 Tagen im Fermentersystem gefahren. Die organische Raumbelastung wurde vergleichsweise gering gewählt. Die Verweilzeit lag hingegen im Mittelfeld der Anlagen. Nichts desto trotz zeigen der  $\text{oTS}$ -Abbau (64 %), die  $\text{FoTS}$ -Ausbeute (87 %) und das relative Restgaspotential (8,9 %), dass keine komplette Vergärung vorlag. Ersterer Wert kann auch daher rühren, dass ein hoher Gülleanteil im Substrat vorhanden ist. Dies erklärt allerdings nicht die beiden anderen Werte.

Tabelle 15-137: Datenblatt der Biogasanlage 49

BGA 49			
<b>Allgemeine Angaben:</b>			
installierte elektrische Leistung	75 kW		
Inbetriebnahme	2012		
Zeitraum der Messphase	09.2017 - 08.2018		
Einsatzstoffe	NawaRo, tierische Exkremete		
Gasverwertung	1 VOV-BHKW		
Erhalt Flexibilitätsprämie	nein		
Betriebsform	Einzelhofanlage, Anschluss an einen landwirtschaftlichen Betrieb mit Tierhaltung und Ackerbau		
<b>Bauliche Anlagen:</b>		<b>Fermenter</b>	<b>Fermentersystem</b>
Benennung			
Anzahl		1	
Reaktorvolumen	[m³]	900	900
Arbeitsvolumen	[m³]	847	847
stehend / liegend	[-]	stehend	
Gasspeichervolumen	[m³]	654	654
<b>Betriebsparameter:</b>			
TS-Gehalt in FM	[%]	10,5	
oTS-Gehalt in TS	[%]	68,9	
organische Raumbelastung in oTS	[kg/(m³ d)]		1,9 <sub>FS</sub>
Verweilzeit	[d]		73 <sub>FS</sub>
oTS-Abbau	[%]		64 <sub>GSY</sub>
FoTS-Ausbeute	[%]		87 <sub>GSY</sub>
CH <sub>4</sub> -Produktivität	[m³/(m³ d)]		0,6 <sub>FS</sub>
BG-Produktivität	[m³/(m³ d)]		1,1 <sub>FS</sub>
pH	[-]	8,2	
Temperatur	[°C]	42	
NH <sub>4</sub> -N in FM	[g/kg]	6,3	
N <sub>ges</sub> -N in FM	[g/kg]	7,6	
Essigsäureäquivalent in FM	[mg/l]	587	
FOS/TAC	[-]	0,23	
<b>Gasverwertung:</b>			
Netto-Methannutzungsgrad	[%]	68	
		<b>BHKW 1</b>	
Motortyp		GO	
elektr. Nennleistung	[kW]	75	
therm. Nennleistung	[kW]		
elektr. Wirkungsgrad	[%]	38,5	
therm. Wirkungsgrad	[%]		
Betriebsweise BHKW	[-]	Volllast	
Jahresbetriebsstunden	[h/a]	8.748	
theor. Volllaststunden	[h/a]	8.763	
elektr. Arbeitsausnutzung	[%]	100	
GO - Gas-Otto-Motor; ZS - Zündstrahl-Motor; BG - Biogas			
<b>Eigenstrombedarf:</b>		<b>Wärmeverwertung:</b>	
wird nicht erfasst		keine externe Wärmeverwertung; ausschließliche Deckung des Eigenbedarfes Eigenbedarf wird nicht messtechnisch erfasst	
<b>Einsatzstoffe:</b>		Mengenangaben in FM	
Gesamt-Jahresmenge		4.253 [t/a]	
Gesamt-Tagesmenge		11,7 [t/d]	
Grassilage		14,0 [%]	
Hühner trockenkot		9,7 [%]	
Mais-Ganzpflanzensilage		5,1 [%]	
Rindergülle		71,5 [%]	
Rindermist		6,4 [%]	
		[%]	
		[%]	
<b>Einsatzstoffmix</b>			
mittlerer TS-Gehalt in FM		17,8 [%]	
mittlerer oTS-Gehalt in TS		78,1 [%]	
mittlerer FoTS-Gehalt in TS		59,7 [%]	
<b>Gärrestlager:</b>			
Anzahl		1	
Lagerkapazität gasdicht		1.742 [m³]	
Lagerkap. nicht gasdicht / offen		0 [m³]	
Gasspeichervolumen		654 [m³]	
relatives Restmethanpotential		7,2 [%]	
TS-Gehalt im Gärrest in FM		8,9 [%]	
oTS-Gehalt im Gärrest in TS		66,5 [%]	
<b>Gasproduktion:</b>		Messung keine	
<b>Gaszusammensetzung</b>			
[Vol-%]		CH <sub>4</sub>	
[Vol-%]		CO <sub>2</sub>	
[Vol-%]		O <sub>2</sub>	
[ppm]		H <sub>2</sub> S	
<b>Mittlere Gasausbeuten Einsatzstoffmix</b>		Biogas Methan	
[m³/t] in FM		79	45
[m³/t] in oTS		565	326
<b>Stromproduktion</b>			
[kWh/d]		1.837	
[kWh/t]		148	

Tabelle 15-138:           Ökonomisches Datenblatt der Biogasanlage 49 im Jahr 2017

BGA 49			
installierte elektrische Leistung	75 kW	eingespeiste Strommenge 2017	619.285 kWh
elektrische Höchstbemessungsleistung	71 kW	Gesamtinvestitionsvolumen	494.283 €
<b>Leistungen</b>			
Stromerlöse (exklusive KWK-Bonus)	100,00 %		160.299 €/a
Wärmeerlöse (inklusive KWK-Bonus)	0,00 %		- €/a
Sonstige Erlöse	0,00 %		- €/a
<b>Gesamterlöse</b>	<b>100 %</b>		<b>160.299 €/a</b>
<b>Kosten</b>			
Substratkosten	16,65 %		18.160 €/a
<i>davon Kosten für NawaRo</i>			
<i>Mais</i>	<i>36,00 €/t</i>		<i>14.220 €/a</i>
<i>Gras</i>	<i>20 €/t</i>		<i>3.940 €/a</i>
<i>Restliche NawaRo</i>	<i>- €/t</i>		<i>- €/a</i>
Personalkosten <sup>1</sup>	6,69 %		7.300 €/a
Instandhaltungskosten	16,43 %		17.922 €/a
Abschreibungen	41,37 %		45.126 €/a
Sonstige Betriebskosten	18,85 %		20.564 €/a
<i>davon</i>			
<i>Zündöl</i>			<i>- €/a</i>
<i>Strombezug</i>			<i>8.346 €/a</i>
<i>Miete und Pacht</i>			<i>- €/a</i>
<i>Maschinenmiete und Leasing</i>			<i>- €/a</i>
<i>Prozessbetreuung und Beratung</i>			<i>- €/a</i>
<i>Versicherungen, Beiträge und Abgaben</i>			<i>1.476 €/a</i>
<i>Berufsgenossenschaft</i>			<i>- €/a</i>
<i>Sonst. Schmierstoffe und Betriebsmittel</i>			<i>4.942 €/a</i>
<i>Zinszahlungen<sup>2</sup></i>			<i>4.871 €/a</i>
<i>Buchführung und Verwaltung</i>			<i>- €/a</i>
<i>Sonstiges</i>			<i>928 €/a</i>
<b>Gesamtkosten</b>	<b>100 %</b>		<b>109.071 €/a</b>
<b>Bilanz</b>			
Gesamterlöse			25,88 ct/kWh
Stromgestehungskosten			17,61 ct/kWh
Betriebszweigergebnis			8,27 ct/kWh
<b>Betriebszweigergebnis</b>			<b>51.228 €/a</b>

<sup>1</sup> Abschätzung der Personalkosten mit 1 Stunde pro Tag zu 20 € Stundenlohn

<sup>2</sup> Abschätzung der Zinszahlungen aus der Angabe von Kreditvolumen, Kreditlaufzeit und effektiven Jahreszins

## 15.49 Biogasanlage 50

### 15.49.1 Anlagenbeschreibung

Die Biogasanlage 50 befindet sich im Süden von Deutschland und ist in einen landwirtschaftlichen Betrieb mit eigenem Feldbau und Milchviehhaltung integriert. Die Inbetriebnahme der Biogasanlage erfolgt im Dezember 2013. Die Anlage ist 2-stufig aufgebaut, bestehend aus in Reihe geschaltetem Fermenter mit 847 m<sup>3</sup> und Nachgärer mit 1.742 m<sup>3</sup> Arbeitsvolumen. Das vergorene Material wird in einem offenen Gärrestlager, bis zur Ausbringung auf die eigenen Flächen, gelagert (vgl. Abbildung 15-212).

Die Substratzufuhr erfolgt über einen Feststoffdosierer, welcher die Einsatzstoffe mittels einer Stopfschnecke dem Fermenter zuführt. Flüssige Einsatzstoffe werden über eine Güllepumpe direkt in den Fermenter eingebracht. Der Transport des Gärmediums von Behälter zu Behälter erfolgt im Überlaufprinzip. Das Anmischen der Einsatzstoffe erfolgt direkt im Fermenter. Hierfür ist ein schnell drehendes Tauchmotorrührwerk installiert. Der Nachgärbehälter ist ebenfalls mit einem Tauchmotorrührwerk sowie einem Langachs-Propellerrührwerk ausgestattet.

Zur Zwischenspeicherung des produzierten Biogases ist der Nachgärer mit einer Doppelmembrangasspeicherfolie abgedeckt. Das Gasspeichervolumen beträgt 450 m<sup>3</sup>. Das produzierte Biogas wird durch Behälter interne biologische Prozesse entschwefelt und auf dem Weg zur Gasverwertung entwässert. Die Gasverwertung erfolgt durch ein Gas-Otto-BHKW, welches am Anlagenstandort betrieben wird. Die installierte elektrische Nennleistung beträgt 75 kW. Der Strom wird vollständig in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Die produzierte Wärme wird für die Beheizung des Fermenters eingesetzt.

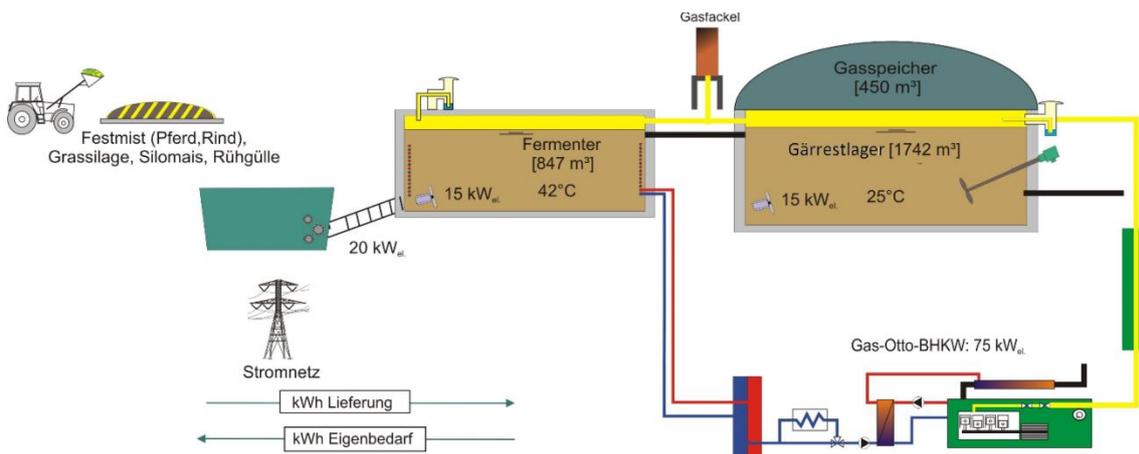


Abbildung 15-212: Anlagenschema BGA 50

### 15.49.2 Möglichkeiten zur Beurteilung des Betriebs

Die messtechnische Ausstattung der BGA ist in Tabelle 15-139 aufgelistet. Die festen Einsatzstoffe wurden täglich für das BMP III per Hand notiert. Flüssige Einsatzstoffe können nur per HIT-Datenbank abgeschätzt werden. Der Eigenwärmeverbrauch zur Beheizung des Fermenters und die Gasmenge werden nicht erfasst.

Tabelle 15-139: Übersicht der vorhandenen Messtechnik der BGA 50

Zu erfassende Kenngröße	Art der Erfassung	Anmerkung
Feste Einsatzstoffe	Wiegevorrichtung am Feststoffeintrag	Täglicher Aufschrieb per Hand
Flüssige Einsatzstoffe	Wird nicht gemessen	Errechnung über HIT-Datenbank
Gasqualität	Mobiles Gasanalysegerät CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S	Messung einmal monatlich
Gaszähler	Wird nicht gemessen	
Stromzähler	Zähler am BHKW	Monatliche Ablesung am BHKW
Eigenstromverbrauch	Erfassung über Zähler	monatlich
Eigenwärmeverbrauch	Wird nicht gemessen	

Die Probenahme des Fermenters und Nachgärers erfolgte jeweils über einen Probenahmehahn. Die Gülleprobe wurde mittels Eimer in der Vorgrube gezogen.

### 15.49.3 Anlagenbetrieb während des Messzeitraumes

Die Biogasanlage 50 wurde im Zeitraum von September 2017 bis August 2018 messtechnisch begleitet. In diesem Zeitraum wurde maßgeblich Rindergülle (65 %) aus dem eigenen Betrieb (vgl. Abbildung 15-213) eingesetzt. Ergänzend wurde Pferde- (25 %) und Rindermist (2 %), Mais-Ganzpflanzensilage (1 %) und Grassilage (8 %) gefüttert. Die mittlere tägliche Fütterungsmenge betrug 17 t/d.

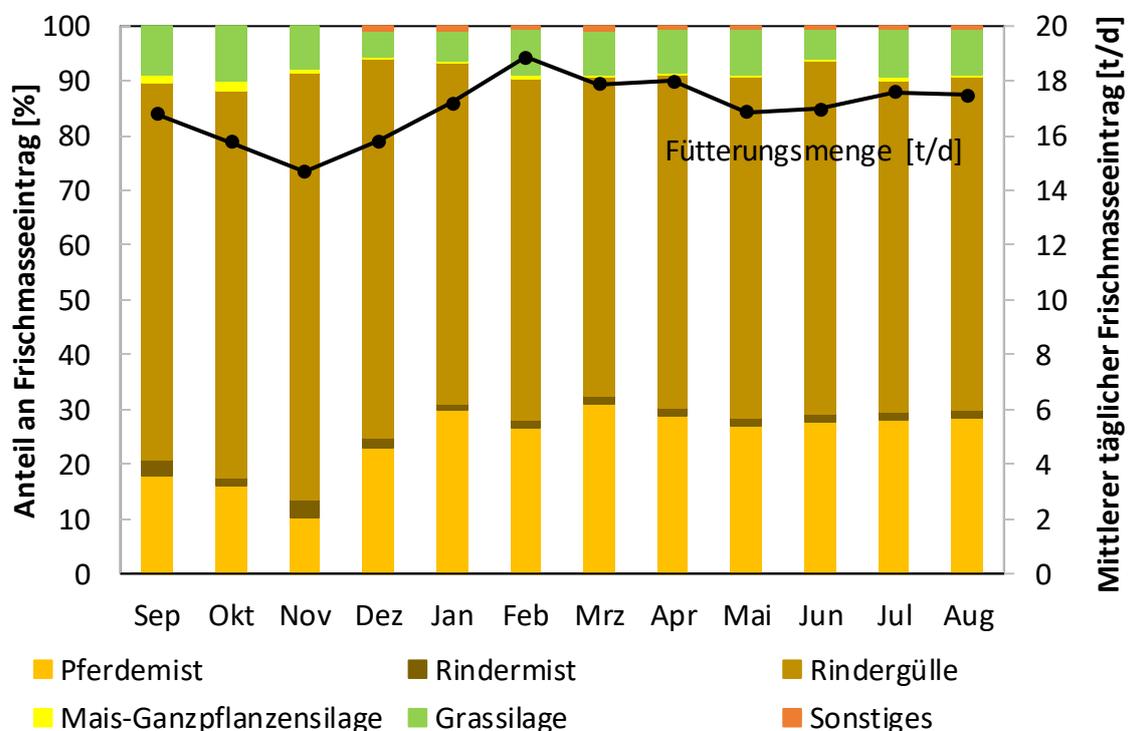


Abbildung 15-213: Zeitlicher Verlauf der Substratzusammensetzung und der zugeführten Substratmenge

Prozessstörungen traten im Betrachtungszeitraum nicht auf. Lediglich im Februar war die Flüssigfütterung durch sehr kalte Außentemperaturen eingefroren und somit für ein paar Tage keine Fütterung möglich. Außerdem gab es im November kleinere Störungen am BHKW jedoch ohne größere Auswirkungen.

Der FOS/TAC-Wert des Fermenters war über die Messphase sehr konstant und deutlich unter 0,3 (vgl. Abbildung 15-214). Eine prozessbiologische Störung auf Basis des FOS/TAC-Wertes ist daher nicht zu erkennen.

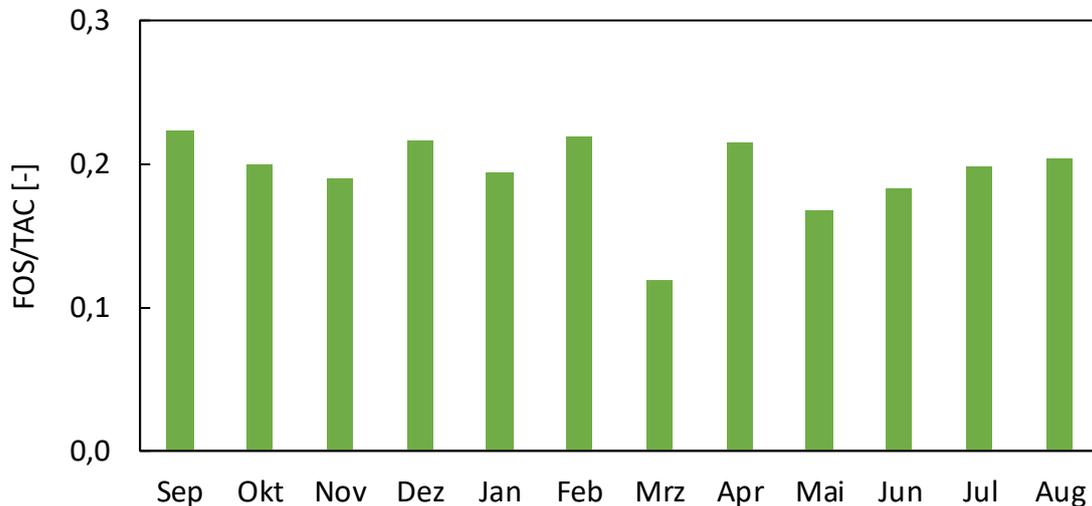


Abbildung 15-214: Zeitlicher Verlauf des FOS/TAC im Fermenter

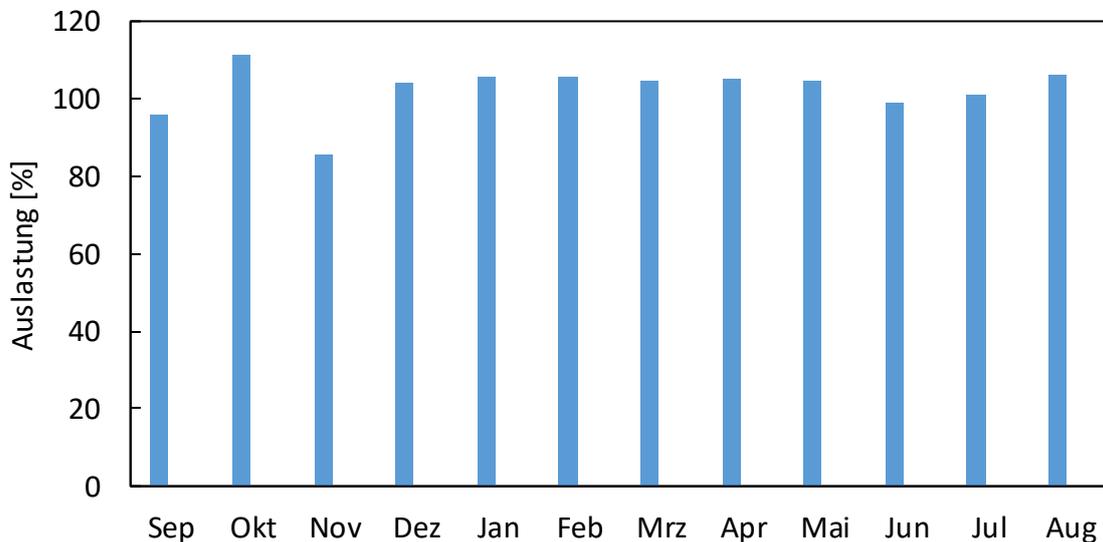


Abbildung 15-215: Elektrische Auslastung bezogen auf die Höchstbemessungsleistung

Die elektrische Auslastung der BHKW lag im Jahresdurchschnitt über den Messzeitraum bei 102 % der Höchstbemessungsleistung (vgl. Abbildung 15-215). Während des Jahresverlaufs sind kaum Schwankungen zu erkennen. Im November wurde die Leistung gedrosselt um die Höchstbemessungsleistung im Kalenderjahr 2017 nicht zu überschreiten. Die thermische Auslastung durch Fremdnutzer konnte nicht erhoben werden.

Die Biogasanlage wurde mit einer organischen Raumbelastung von 3,0 kg<sub>oTS</sub>/(m<sup>3</sup> d) und einer Verweilzeit von 50 Tagen im Fermentersystem gefahren. Die Verweilzeit ist sehr gering, die organische Raumbelastung hingegen ist im Mittelfeld der Anlagen zu finden. Der geringe oTS-



Tabelle 15-141: Ökonomisches Datenblatt der Biogasanlage 50 im Jahr 2017

BGA 50			
installierte elektrische Leistung	75 kW	eingespeiste Strommenge 2017	621.632 kWh
elektrische Höchstbemessungsleistung	71 kW	Gesamtinvestitionsvolumen	550.000 €
<b>Leistungen</b>			
Stromerlöse (exklusive KWK-Bonus)	100,00 %		152.300 €/a
Wärmeerlöse (inklusive KWK-Bonus)	0,00 %		- €/a
Sonstige Erlöse	0,00 %		- €/a
<b>Gesamterlöse</b>	<b>100 %</b>		<b>152.300 €/a</b>
<b>Kosten</b>			
Substratkosten	6,93 %		4.000 €/a
<i>davon Kosten für NawaRo</i>			
<i>Mais</i>	- €/t		- €/a
<i>Gras</i>	- €/t		2.000 €/a
<i>Restliche NawaRo</i>	- €/t		- €/a
Personalkosten	6,30 %		3.635 €/a
Instandhaltungskosten	9,53 %		5.500 €/a
Abschreibungen	47,64 %		27.500 €/a
Sonstige Betriebskosten	29,60 %		17.085 €/a
<i>davon</i>			
<i>Zündöl</i>			1.270 €/a
<i>Strombezug<sup>1</sup></i>			- €/a
<i>Miete und Pacht</i>			- €/a
<i>Maschinenmiete und Leasing</i>			- €/a
<i>Prozessbetreuung und Beratung</i>			- €/a
<i>Versicherungen, Beiträge und Abgaben</i>			1.192 €/a
<i>Berufsgenossenschaft</i>			- €/a
<i>Sonst. Schmierstoffe und Betriebsmittel</i>			1.550 €/a
<i>Zinszahlungen<sup>2</sup></i>			13.073 €/a
<i>Buchführung und Verwaltung</i>			- €/a
<i>Sonstiges</i>			- €/a
<b>Gesamtkosten</b>	<b>100 %</b>		<b>57.720 €/a</b>
<b>Bilanz</b>			
Gesamterlöse			24,50 ct/kWh
Stromgestehungskosten			9,29 ct/kWh
Betriebszweigergebnis			15,21 ct/kWh
<b>Betriebszweigergebnis</b>			<b>94.580 €/a</b>

<sup>1</sup> Strombedarf über betriebseigene Photovoltaikanlage abgedeckt; keine betriebsinterne Verrechnung

<sup>2</sup> Abschätzung der Zinszahlungen aus der Angabe von Kreditvolumen, Kreditlaufzeit und effektiven Jahreszins