

15.30 Biogasanlage 31

15.30.1 Anlagenbeschreibung

Die von der Firma Agrikomp geplante und errichtete Biogasanlage befindet sich im Landkreis Landshut und wird seit Oktober 2010 auf einem biologisch bewirtschafteten Hof betrieben. Neben der Strom- und Wärmeproduktion dient die Biogasanlage der Bereitstellung von Wirtschaftsdünger für die Versorgung derjenigen Ackerflächen, die im Lauf der Fruchtfolge nicht für die Biogasproduktion verwendet werden. Dies gilt sowohl für die Flächen des Betreibers als auch für die der Substratlieferanten.

Der Energiepflanzeneinsatz umfasst hauptsächlich die Verwertung von Klee gras, das aufgrund der Fähigkeit, Stickstoff aus der Umgebung aufzunehmen, die Düngewirkung des Gärreststands verbessert. Dies stellt im biologischen Landbau einen wichtigen Faktor für die Pflanzenernährung dar. Zusätzlich werden in der Anlage Geflügelmist aus der hofeigenen Eierproduktion und angelieferter Rindermist verwertet.

Die Anlage besteht aus Fermenter und Nachgärer (Arbeitsvolumen: je 1.200 m³) und einem Gärrestlager (3.000 m³). Alle drei Behälter sind mit Folienhauben abgedeckt, die als Gasspeicher dienen. Ein weiterer Behälter, der vormals als Güllegrube diente, wird jetzt als zusätzliches Gärrestlager genutzt. Dieser Behälter hat keine Abdeckung. Da in der Biogasanlage keine flüssigen Wirtschaftsdünger eingesetzt werden, gibt es für den Eintrag der Substrate nur einen Feststoffdosierer. Dieser stellt eine Kombination aus dem „Vielfraß“-Aggregat der Fa. Agrikomp und einem Abschiebewagen dar. Durch diese Lösung ist das Fassungsvermögen mit 40 m³ gegenüber dem normalen „Vielfraß“ deutlich erhöht, wodurch der zeitliche Aufwand für die Beschickung reduziert wird.

Die schräg angeordnete Eintragschnecke ist in einem Rohr mit einem Durchmesser von 70 cm gelagert und somit sehr großzügig dimensioniert. Ebenfalls großzügig bemessen ist die im Hauptgärbehälter installierte Rührwerksleistung von 0,025 kW pro m³ Arbeitsvolumen. In Kombination mit den verwendeten Rühraggregaten (horizontale Paddelrührwerke) ermöglicht die hohe Leistung eine effektive Durchmischung, trotz eines zu erwartenden hohen Trockensubstanzgehalts im Fermenter. Der Nachgärbehälter ist mit nur einem dieser Rührwerke ausgestattet. Beide Gärbehälter werden mit an der Fermenterinnenwand angebrachten Kunststoffheizrohren temperiert (mehrere Heizkreisläufe). Von Stufe 1 in Stufe 2 wird das Gärgemisch mit einer Exzentrerschneckenpumpe gefördert und kann optional durch einen Kocher geleitet werden, der das Material zur Inaktivierung von Unkrautsamen für eine Stunde auf 70°C erhitzt. Eine weitere Pumpe gleicher Bauart fördert aus dem Nachgärer in das geschlossene Gärrestlager. Hier kann zwischen einer direkten Einleitung oder einer vorherigen Separierung gewählt werden. Das Gärrestlager mit Gaserfassung ist mit zwei Tauchmotorrührwerken ausgestattet und mit dem offenen Lager durch eine Gülleleitung verbunden. Zur Einleitung von Gärrest in das offene Endlager, das nur durch ein Zapfwellenrührwerk homogenisiert werden kann, ist lediglich das Betätigen eines Schiebers erforderlich. Dieser Behälter dient außerdem zum Auffangen von Sickerwasser aus den Silostöcken und von hier werden die Güllefässer zur Gärrestausbringung mittels einer eigenen Kreiselpumpe befüllt.

Zur Verstromung des aktiv gekühlten und zusätzlich durch einen Aktivkohlefilter gereinigten Biogases dient ein Zündstrahlaggregat mit Abgasturbine. Die elektrische Gesamtleistung der Maschine beträgt 265 kW. Zur flexiblen Stromproduktion läuft außerdem ein weiteres BHKW (Gas-Otto-Motor) mit einer Nennleistung von 530 kW im Intervallbetrieb. Es wird eine elektrische Bemessungsleistung von 420 kW angestrebt.

Die Abwärme der BHKW dient zur Beheizung der Wohngebäude und zur Versorgung einer Trocknungsanlage für Getreide oder Scheitholz. Auf einer Fuhrwerkswaage werden alle angelieferten Substrate gewogen. Funktionsprinzip und Stoffströme sind schematisch in Abbildung 15-131 dargestellt.

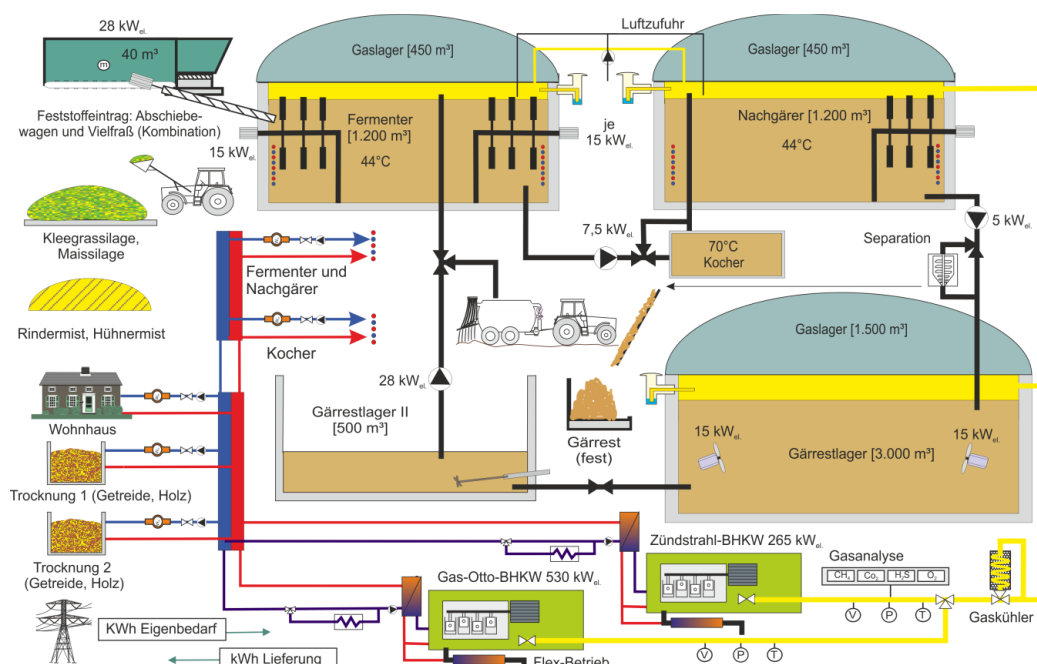


Abbildung 15-131: Anlagenschema der Anlage 31

15.30.2 Möglichkeiten zur Beurteilung des Betriebs

Die Aufzeichnungen im Betriebstagebuch beinhalten bezüglich gemessener Werte die eingetragenen Mengen an Substrat, die Gaszusammensetzung und die genutzten Wärmemengen. Der Verbrauchsstrom der Gesamtanlage wird täglich automatisch aufgezeichnet. Die eingespeiste Strommenge ist aus den Abrechnungen des Netzbetreibers entnommen. Die Gasproduktion musste anhand von Methangehalt, Stromlieferung und Stromverbrauch berechnet werden. In Tabelle 15-85 sind die wichtigsten Messgeräte aufgelistet.

Tabelle 15-85: Übersicht der vorhandenen Messtechnik der BGA 31

Zu erfassende Kenngröße	Art der Erfassung	Anmerkung
Menge der festen Einsatzstoffe	Wägezellen am Feststoffeintrag	Tägliche Dokumentation im BTB
Menge der flüssigen Einsatzstoffe	-	Keine flüssigen Einsatzstoffe
Gaszusammensetzung	Gasanalysator mit Sensoren für: CH ₄ , O ₂ , H ₂ S	Tägliche Dokumentation im BTB
Gasmenge	Je BHKW ein Volumenstromzähler	Keine Normvolumenstrom; Gasmengen deshalb berechnet
Stromerzeugung	Zähler am BHKW und am Einspeisetransformator	Produktionsstrom nicht dokumentiert; Einspeisestrom monatlich dokumentiert
Eigenstrombedarf	Zähler inkl. Aufzeichnungseinheit	Tägliche Dokumentation
Eigenwärmebedarf	-	Kein Zähler installiert

15.30.3 Anlagenbetrieb während des Messzeitraumes

Entsprechend der biologischen Wirtschaftsweise des landwirtschaftlichen Betriebs, in den die Biogasanlage integriert ist, wurde der Schwerpunkt auf die Vergärung von Kleegrassilage gesetzt, um die Düngewirkung der Leguminosen zu verbessern. Durchschnittlich lag der Klee grasanteil in der Futtermischung bei knapp 58 %. Die Zugabe von rund 19 % Rindermist und 16 % stickstoffreichem Hühnermist sichert zwar den Güllebonus und verbessert die Düngewirkung des Gärrestes noch einmal, kann sich aber problematisch auf die Gärbiologie auswirken. Zur Dämpfung der hohen Stickstoffgehalte kamen deshalb noch 7 % Maiskornsilage zum Einsatz. Durchschnittlich betrug die täglich zugeführte Futtermenge rund 17 t, wobei die zugeführte Frischmasse mit steigendem Anteil von Maiskornsilage abnahm (vgl. Abbildung 15-132). Aufgrund der faser- und trockensubstanzreichen Einsatzstoffe ergab sich für die durchschnittliche Substratmischung ein mittlerer TS-Gehalt von mehr als 41 %.

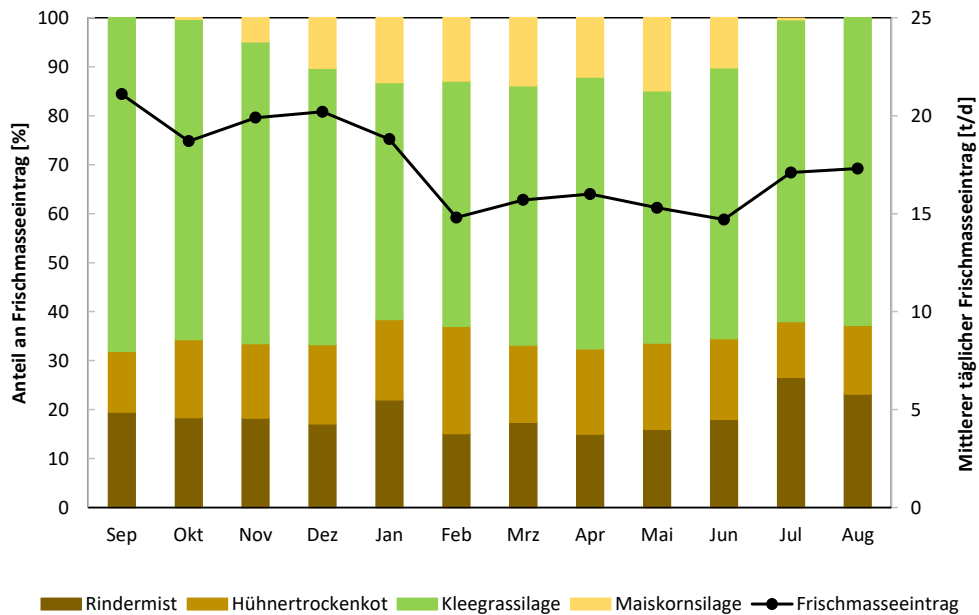


Abbildung 15-132: Zeitlicher Verlauf der zugeführten Substratmasse und deren Zusammensetzung – Anlage 31

Die in Abbildung 15-133 dargestellten FOS/TAC-Werte der ersten und zweiten Vergärungsstufe lagen vergleichsweise hoch. Der Durchschnittswert über den gesamten Beobachtungszeitraum betrug in der ersten Stufe 0,46 und im Nachgärbehälter noch 0,35. Auffällig ist, dass in den Phasen, als Maiskornsilage zum Einsatz kam, etwas niedrigere Werte gemessen wurden. Die im Sommer 2017 beobachteten höchsten Werte könnten eine Folge der Futterumstellung gewesen sein, da zu diesem Zeitpunkt kein Körnermais mehr zur Verfügung stand. Offensichtlich handelt es sich hier um eine hoch belastete Biozönose, die auf Veränderungen sensibel reagiert, denn in den Phasen mit höheren FOS/TAC-Werten wurde gleichzeitig ein starker Anstieg der Gehalte an flüchtigen Fettsäuren, insbesondere der Propionsäure in beiden Gärstufen beobachtet. Sehr wahrscheinlich ist dieses Verhalten auf die hohe Stickstoffkonzentration im Substratmix zurückzuführen.

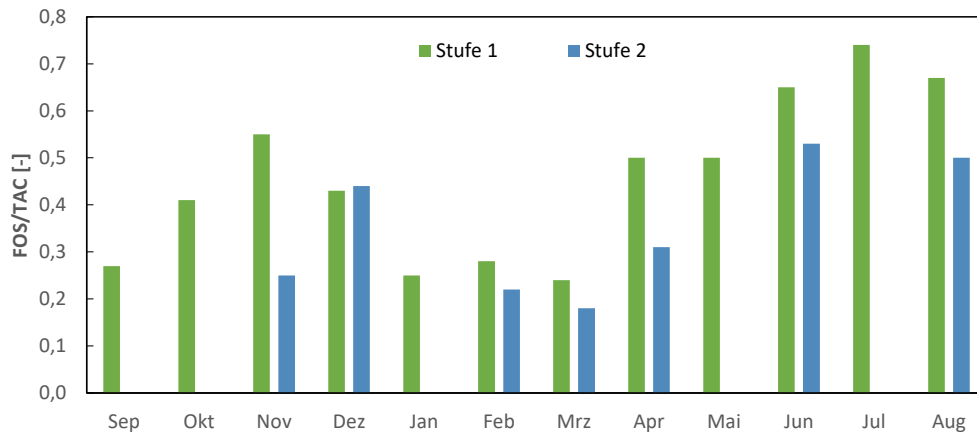


Abbildung 15-133: Zeitlicher Verlauf des FOS/TAC in der ersten und zweiten Vergärungsstufe – Anlage 31

Der an der Höchstbemessungsleistung gemessene elektrische Auslastungsgrad lag in den ersten fünf Monaten der Untersuchung bei durchschnittlich 80 % und sank in der Folge auf 67 % ab (vgl. Abbildung 15-134). Möglicherweise ist das auf die Futtermengen zurückzuführen, da die niedrigsten Auslastungsgrade in den Monaten auftraten, als bei nachweislich stabilen biologischen Verhältnissen weniger Frischmasse zugeführt wurde. Höhere Gaben in den letzten zwei Monaten führten dann wieder zu einem leichten Anstieg des Auslastungsgrades. Über den gesamten Zeitraum betrug dieser rund 74 %.

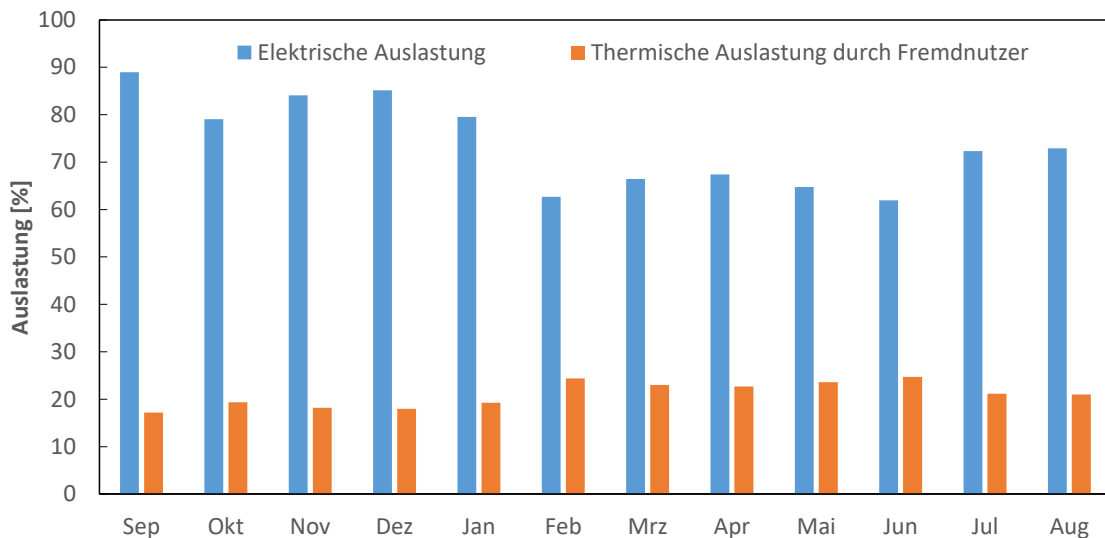


Abbildung 15-134: Zeitlicher Verlauf der elektrischen Auslastung der BHKW und des Nutzungsgrades der theoretisch zur Verfügung stehenden thermischen Energie – Anlage 31

Die verfügbare BHKW-Wärme wurde nur zu 21 % zur Versorgung einer Trocknungsanlage und der Wohngebäude genutzt. Der Wärmenutzungsgrad ist damit an dieser Anlage noch deutlich verbesserungswürdig.

Trotz der hohen Anteile von schwer abbaubaren Substraten und der stark beanspruchten Gärbiologie wurden mit durchschnittlich 110 m³ pro t Frischmasse vergleichsweise gute Methanausbeuten erzielt. Unter den gegebenen Umständen lag der Abbau der Organik mit durchschnittlich 82 % überraschend hoch. Die Auslastung der elektrischen aber auch der thermischen Kapazität könnte an dieser Anlage hingegen noch deutlich gesteigert werden (vgl. Tabelle 15-86).

Tabelle 15-86: Datenblatt der Biogasanlage 31

BGA 31						
Allgemeine Angaben:						
installierte elektrische Leistung	795 kW					
Inbetriebnahme	2010					
Zeitraum der Messphase	09.2016 - 08.2017					
Einsatzstoffe	NawaRo, tierische Exkremente					
Gasverwertung	2 VOV-BHKW					
Erhalt Flexibilitätsprämie	ja					
Betriebsform	Einzelhofanlage, integriert in einen biologischen Ackerbau- und Legehennenbetrieb					
Bauliche Anlagen:				Einsatzstoffe:		
Benennung		Fermenter	Nachgärer	Fermentersystem	Mengenangaben in FM	
Anzahl		1	1		Gesamt-Jahresmenge	6.388 [t/a]
Reaktorvolumen	[m³]	1.250	1.250	2.500	Gesamt-Tagesmenge	17,5 [t/d]
Arbeitsvolumen	[m³]	1.200	1.200	2.400	Hühner trockenkot	15,7 [%]
stehend / liegend	[-]	stehend	stehend		Rindermist	19,0 [%]
Gasspeichervolumen	[m³]	450	450	900	Maiskornsilage	7,4 [%]
					Kleegrassilage	57,9 [%]
Betriebsparameter:				Einsatzstoffmix		
TS-Gehalt in FM	[%]	19,2	18,3		mittlerer TS-Gehalt in FM	41,1 [%]
oTS-Gehalt in TS	[%]	71,3	70,2		mittlerer oTS-Gehalt in TS	87,0 [%]
organische Raumbelastung in oTS	[kg/(m³ d)]			2,6 _{FS}	mittlerer FoTS-Gehalt in TS	62,7 [%]
Verweilzeit	[d]			137 _{FS}		
oTS-Abbau	[%]			82 _{GSV}		
FoTS-Ausbeute	[%]			105 _{GSV}		
CH ₄ -Produktivität	[m³/(m³ d)]			0,8 _{FS}		
BG-Produktivität	[m³/(m³ d)]			1,5 _{FS}		
pH	[-]	8,3	8,4			
Temperatur	[°C]	44	44			
NH ₄ -N in FM	[g/kg]	5,8				
N _{ges} -N in FM	[g/kg]	10,8				
Essigsäureäquivalent in FM	[mg/l]	3.907	3.373			
FOS/TAC	[-]	0,46	0,35			
Gasverwertung:				Gärrestlager:		
Netto-Methannutzungsgrad	[%]	43		Anzahl	2	
		BHKW 1	BHKW 2	Lagerkapazität gasdicht	3.000 [m³]	
Motortyp		ZS	GO	Lagerkap. nicht gasdicht / offen	500 [m³]	
elektr. Nennleistung	[kW]	265	530	Gasspeichervolumen	1.500 [m³]	
therm. Nennleistung	[kW]	192	576	relatives Restmethanpotential	3,7* [%]	
elektr. Wirkungsgrad	[%]	46,0	39,0	TS-Gehalt im Gärrest in FM	13,8 [%]	
therm. Wirkungsgrad	[%]	38,0	40,7	oTS-Gehalt im Gärrest in TS	62,2 [%]	
Betriebsweise BHKW	[-]	Volllast	Start-Stopp	*Probennahme erfolgte am letzten beheizten Behälter		
Jahresbetriebsstunden	[h/a]	6.480	3.798	Gasproduktion:		
theor. Volllaststunden	[h/a]	6.132	2.305	Messung	am BHKW	
elektr. Arbeitsausnutzung	[%]	70	26	Gaszusammensetzung		
GO - Gas-Otto-Motor; ZS - Zündstrahl-Motor; BG - Biogas				[Vol-%]	CH ₄	52,3
Eigenstrombedarf:				[Vol-%]	CO ₂	-
	[kWh/a]			[Vol-%]	O ₂	0,2
BGA gesamt	184.849	7	[% der Stromproduktion]	[ppm]	H ₂ S	56
				Mittlere Gasausbeuten Einsatzstoffmix		
					Biogas	Methan
				[m³/t] in FM	209	109
				[m³/t] in oTS	584	305
				Stromproduktion		
				[kWh/d]	7.798	
				[kWh/t]	446	
				Wärmeverwertung:		
				[kWh/a]		
				380.800	15	[% der Wärmeproduktion]
				525.859	21	[% der Wärmeproduktion]

Tabelle 15-87. Ökonomisches Datenblatt für die Biogasanlage 31 im Jahr 2017

BGA 31				
installierte elektrische Leistung	795	kW	eingespeiste Strommenge 2017	2.889.713 kWh
elektrische Höchstbemessungsleistung	440	kW	Gesamtinvestitionsvolumen	1.573.000 €
Leistungen				
Stromerlöse (exklusive KWK-Bonus)	98,93	%	753.707	€/a
Wärmeerlöse (inklusive KWK-Bonus)	0,68	%	5.149	€/a
Sonstige Erlöse	0,39	%	3.000	€/a
Gesamterlöse	100	%	761.856	€/a
Kosten				
Substratkosten	26,27	%	185.780	€/a
<i>davon Kosten für NawaRo</i>				
Mais	-	€/t	-	€/a
Gras	25	€/t	79.650	€/a
Restliche NawaRo	86,23	€/t	74.590	€/a
Personalkosten	2,47	%	17.500	€/a
Instandhaltungskosten	9,33	%	66.000	€/a
Abschreibungen	13,69	%	96.817	€/a
Sonstige Betriebskosten	48,24	%	341.549	€/a
<i>davon</i>				
Zündöl			36.600	€/a
Strombezug			15.268	€/a
Miete und Pacht			252.000	€/a
Maschinenmiete und Leasing			-	€/a
Prozessbetreuung und Beratung			5.000	€/a
Versicherungen, Beiträge und Abgaben			5.500	€/a
Berufsgenossenschaft			-	€/a
Sonst. Schmierstoffe und Betriebsmittel			-	€/a
Zinszahlungen ¹			20.181	€/a
Buchführung und Verwaltung			-	€/a
Sonstiges			7.000	€/a
Gesamtkosten	100	%	707.646	€/a
Bilanz				
Gesamterlöse	26,36	ct/kWh		
Stromgestehungskosten	24,49	ct/kWh		
Betriebszweigergebnis	1,88	ct/kWh		
Betriebszweigergebnis	54.211	€/a		

¹ Abschätzung der Zinszahlungen aus der Angabe von Kreditvolumen, Kreditlaufzeit und effektiven Jahreszins

15.31 Biogasanlage 32

15.31.1 Anlagenbeschreibung

Die Biogasanlage 32 ist seit 2010 in Betrieb und wurde über die Jahre stetig erweitert. Die Anlage besteht prinzipiell aus drei Linien: Linien 1 und 2 werden über einen eigenen Feststoffeintrag beschickt und bestehen jeweils aus Fermenter, Nachgärer und Gärrestlager. Die Beschickung des Fermenters 3 erfolgt entweder direkt (nur Kartoffelschälreste) oder über einen weiteren Feststoffeintrag dem ein Extruder und eine Flüssigdosierpumpe nachgeschaltet sind. Im Extruder werden faserreiche Substrate wie Pferde- und Rindermist mit hohem Strohanteil oder lang geschnittenes Gras aufbereitet. Das Gärgemisch aus Fermenter 3 gelangt direkt in das Gärrestlager 3. Das Funktionsprinzip, die Behälterdimensionierung und die Stoffströme der Anlage sind in Abbildung 15-135 dargestellt.

Am Anlagenstandort sind drei Gas-Otto-BHKW (P_{el} : 265 kW bzw. 2 x 380 kW) im Einsatz. Eines der beiden 380 kW-Aggregate steht für den Flexbetrieb zur Verfügung. Mit der BHKW-Wärme werden die Gärbehälter beheizt und der Gärrest getrocknet. Zwei weitere 380 kW Gas-Otto-Motoren sind als Satelliten-BHKW in der angrenzenden Ortschaft installiert, wo ein Nahwärmenetz mit derzeit 43 angeschlossenen Wohnhäusern versorgt wird und in den Sommermonaten Hackschnitzel sowie Scheitholz getrocknet werden. Eines der Satelliten-BHKW läuft im Dauerbetrieb, das andere wird je nach Wärmebedarf der Verbraucher flexibel betrieben.

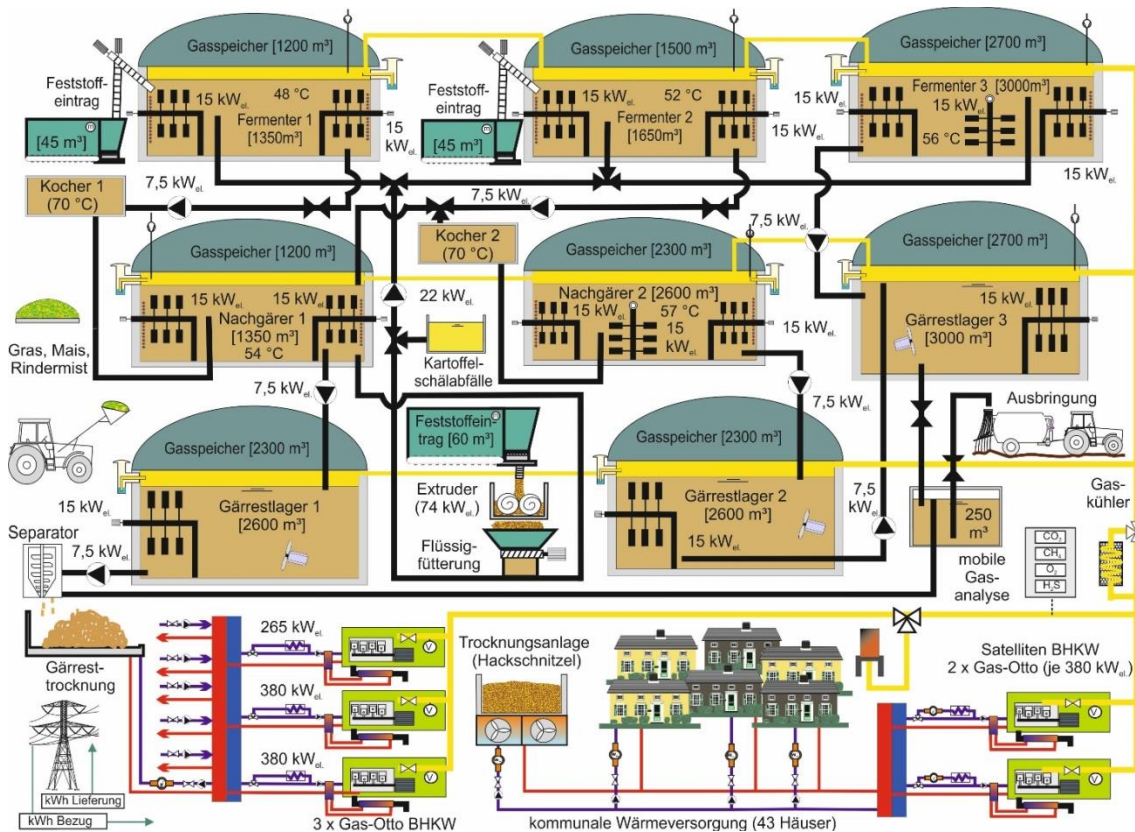


Abbildung 15-135: Anlagenschema von BGA32

15.31.2 Beurteilung der Messtechnik

Die messtechnische Ausstattung von der Biogasanlage 32 ist nur durchschnittlich, die Aufzeichnungen durch den Betreiber erfolgten jedoch regelmäßig und zuverlässig. Tabelle 15-88 fasst die realisierten Messaufgaben für die Anlage zusammen.

Tabelle 15-88: Übersicht der realisierten Messaufgaben für BGA32

Zu erfassende Kenngröße	Art der Erfassung	Anmerkung
Masse der festen Einsatzstoffe	Wägezellen an den Eintragsvorrichtungen	Schriftliche Aufzeichnungen der täglichen Einsatzstoffmengen
Masse der flüssigen Einsatzstoffe	Wägung bei Anlieferung	Kartoffel-Dampfschalen als einziges pumpfähiges Substrat
Gaszusammensetzung	Gasanalysator mit Sensoren für CH ₄ , CO ₂ , O ₂ , H ₂ S	tägliche Messung
Gasmenge	-	Gesamtgasmenge berechnet
Stromerzeugung	Zähler am BHKW und am Einspeisetransformator	Ablesung am BHKW und monatlich am Trafo
Eigenstromverbrauch	Zähler des Stromversorgers	Zur Abrechnung des Gesamtstrombezugs
Eigenwärmeverbrauch	-	Keine Messtechnik vorhanden

15.31.3 Anlagenbetrieb während des Messzeitraumes

Der Betrieb von Anlage 32 war durch eine ausgewogene Futtermischung gekennzeichnet. Es wurden Wirtschaftsdünger, Energiepflanzen und landwirtschaftliche Reststoffe eingesetzt. Den größten Anteil nahm mit rund 45 % die Grassilage ein (vgl. Abbildung 15-136). Der Anteil anderer Energiepflanzen betrug rund 18 % und der der Wirtschaftsdünger in Form von Festmist 34 %. Über das Beobachtungsjahr hinweg wurden im Mittel täglich knapp 59 t Frischmasse eingetragen, wobei die monatlichen Gaben zwischen 47 t und 67 t schwankten. Der mittlere Trockensubstanzgehalt der Futtermischung betrug entsprechend der insgesamt wasserarmen Einsatzstoffen rund 31 %.

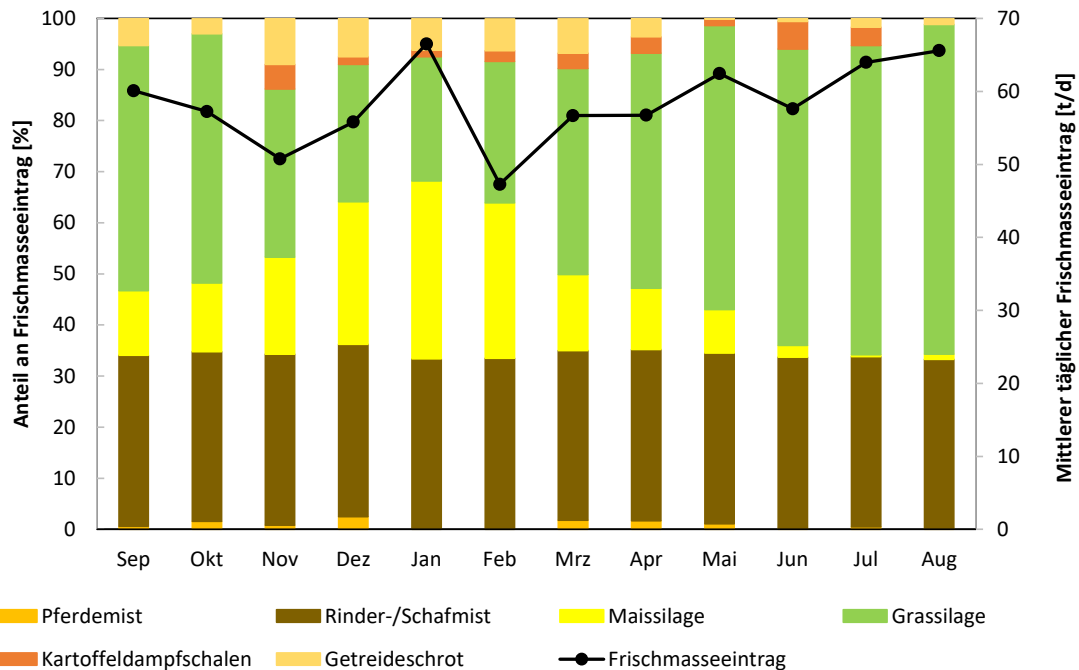


Abbildung 15-136: Zeitlicher Verlauf der zugeführten Substratmasse und deren Zusammensetzung – Anlage 32

Die FOS/TAC-Werte in Proben aus Fermenter 1 und Fermenter 2 lagen zu Beginn und gegen Ende des Beobachtungszeitraums auf einem hohen Niveau (vgl. Abbildung 15-137). In diesen Phasen wurden auch stark erhöhte Werte an flüchtigen Fettsäurewerten festgestellt, die deutlich höher als die geltenden Warnwerte lagen und damit auf eine Beeinträchtigung der biologischen Verhältnisse hinweisen. Gleichzeitig fielen bei sinkenden FOS/TAC-Werten in der Mitte des Beobachtungszeitraums die Gehalte an flüchtigen Fettsäuren wieder in den Normalbereich. Damit konnte hier der FOS/TAC als robuster und schnell zu ermittelnder Prozessindikator genutzt werden.

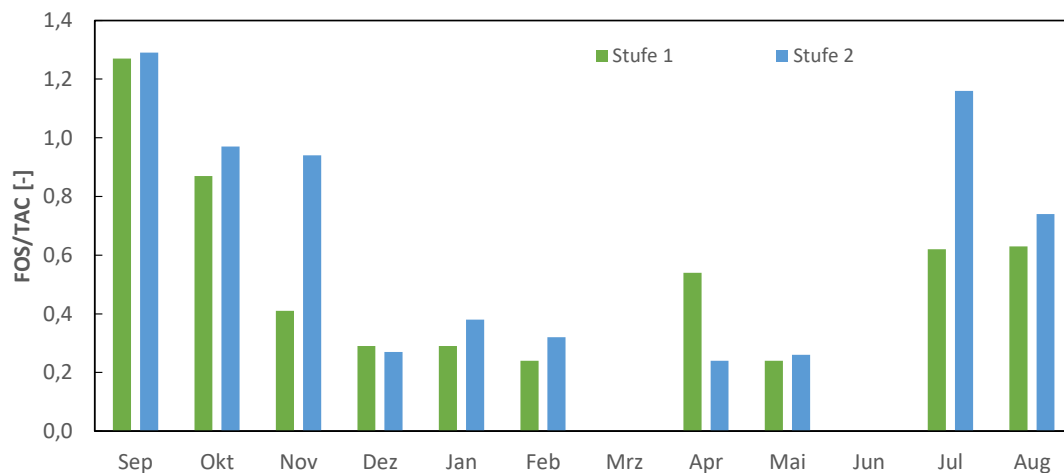


Abbildung 15-137: Zeitlicher Verlauf des FOS/TAC in der ersten und zweiten Vergärungsstufe – Anlage 32

Trotz der zeitweise leicht instabilen Gärbiologie wurde die Höchstbemessungsleistung der Anlage durchschnittlich zu knapp 90 % ausgelastet. Auch traten bei der Stromproduktion nur

geringfügige Schwankungen auf. Ausnahmen sind die Monate Februar und März als elektrische Auslastungsgrade unter 80 % ermittelt wurden (vgl. Abbildung 15-138). Dies könnte eine Folge der Reduzierung der Futtermenge in diesem Zeitraum sein.

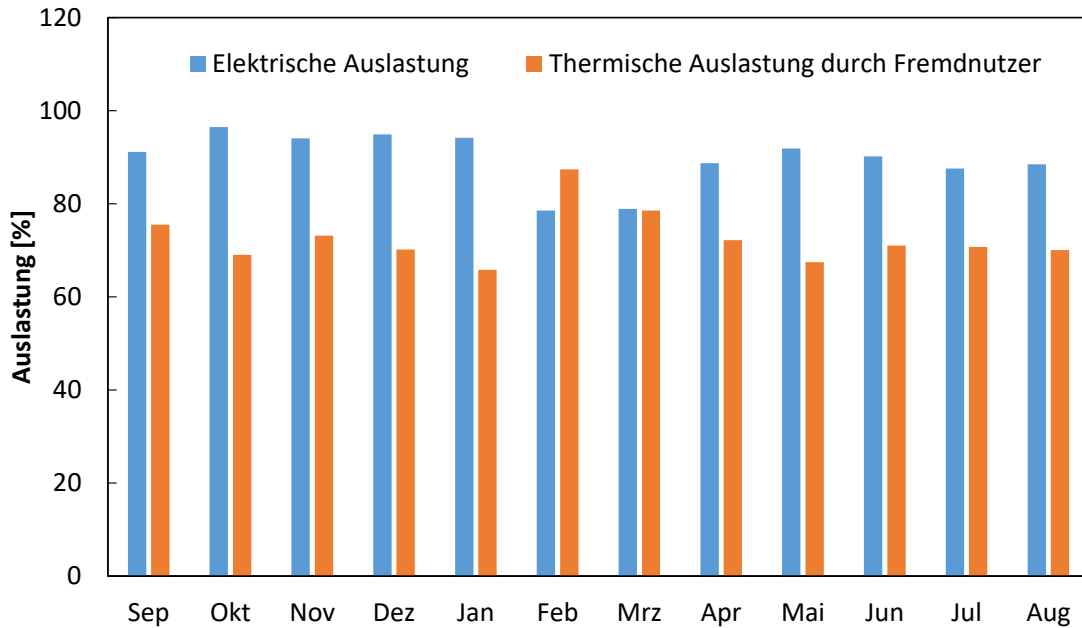


Abbildung 15-138: Zeitlicher Verlauf der elektrischen Auslastung der BHKW und des Nutzungsgrades der theoretisch zur Verfügung stehenden thermischen Energie – Anlage 32

Im betrachteten Untersuchungsjahr wurden insgesamt etwas mehr als 6.100 MWh thermische Energie für die Versorgung einer Trocknungsanlage und eines Nahwärmenetzes genutzt. Dies entspricht einem hervorragenden thermischen Nutzungsgrad von 73 % (vgl. Abbildung 15-138). Durch den ganzjährigen Betrieb einer Hackschnitzeltrocknung traten auch bei der externen thermischen Auslastung nur geringfügige Schwankungen auf.

Trotz der hohen Anteile von schwer abbaubaren Substraten (Grassilage, Pferdemist) und der phasenweise leicht instabilen Gärbiologie wurden mit durchschnittlich 100 m³ pro t Frischmasse vergleichsweise hohe Methanausbeuten erzielt. Unter den gegebenen Umständen lag der Abbau der Organik mit durchschnittlich 83 % ebenfalls hoch. Während die Auslastung der elektrischen Kapazität noch verbessert werden könnte, dürfte der Wärme-Nutzungsgrad von 73 % hingegen kaum mehr zu steigern sein (vgl. Tabelle 15-89).

Tabelle 15-89: Datenblatt der Anlage 32

BGA 32									
Allgemeine Angaben:									
installierte elektrische Leistung	1.785 kW								
Inbetriebnahme	2010								
Zeitraum der Messphase	09.2016 - 08.2017								
Einsatzstoffe	NawaRo, tierische Exkremente und Reststoffe								
Gasverwertung	3 VOV-BHKW und 2 Satelliten-BHKW								
Erhalt Flexibilitätsprämie	nein								
Betriebsform	Einzelhofanlage integriert in einen landwirtschaftlichen Betrieb								
Bauliche Anlagen:									
Benennung		Fermenter	Nachgärer	Fermentersystem			Einsatzstoffe:		
Anzahl		3	2				Mengenangaben in FM		
Reaktorvolumen	[m³]	6.847	4.477	11.324			Gesamt-Jahresmenge 21.355 [t/a]		
Arbeitsvolumen	[m³]	6.000	3.950	9.950			Gesamt-Tagesmenge 58,5 [t/d]		
stehend / liegend	[-]	stehend	stehend				Mais-Ganzpflanzensilage 14,3 [%]		
Gasspeichervolumen	[m³]	5.400	3.500	8.900			Rindermist 33,4 [%]		
Betriebsparameter:									
TS-Gehalt in FM	[%]	14,9	12,3				Pferdemist 0,9 [%]		
oTS-Gehalt in TS	[%]	73,6	70,8				Getreideschrot 4,1 [%]		
organische Raumbelastung in oTS	[kg/(m³ d)]			1,6 _{FS}			Kartoffeldampfschalen 2,1 [%]		
Verweilzeit	[d]			170 _{FS}			Grassilage 45,2 [%]		
oTS-Abbau	[%]			83 _{GSV}			Einsatzstoffmix		
FoTS-Ausbeute	[%]			125 _{GSV}			mittlerer TS-Gehalt in FM 31,1 [%]		
CH ₄ -Produktivität	[m³ / (m³ d)]			0,6 _{FS}			mittlerer oTS-Gehalt in TS 89,9 [%]		
BG-Produktivität	[m³ / (m³ d)]			1,2 _{FS}			mittlerer FoTS-Gehalt in TS 63,1 [%]		
pH	[-]	8,1	8,3				Gärrestlager:		
Temperatur	[°C]	52	55				Anzahl 3		
NH ₄ -N in FM	[g/kg]	3,8					Lagerkapazität gasdicht 8.200 [m³]		
N _{ges} -N in FM	[g/kg]	6,8					Lagerkap. nicht gasdicht / offen 0 [m³]		
Essigsäureäquivalent in FM	[mg/l]	4.161	1.093				Gaspeichervolumen 7.300 [m³]		
FOS/TAC	[-]	0,60	0,27				relatives Restmethanpotential 6,1* [%]		
Gasverwertung:									
Netto-Methannutzungsgrad	[%]	63				TS-Gehalt im Gärrest in FM 9,3 [%]			
		BHKW 1	BHKW 2	BHKW 3	BHKW 4	BHKW 5	oTS-Gehalt im Gärrest in TS 67,6 [%]		
Motortyp		GO	GO	GO	GO-Satellit	GO-Satellit	*Probennahme erfolgte am letzten beheizten Behälter		
elektr. Nennleistung	[kW]	380	265	380	380	380	Gasproduktion:		
therm. Nennleistung	[kW]	425	275	397	397	397	Messung am BHKW		
elektr. Wirkungsgrad	[%]	38,1	39,5	40,2	40,2	40,2	Gaszusammensetzung		
therm. Wirkungsgrad	[%]	42,6	41,0	42,0	42,0	42,0	[Vol-%] CH ₄ 51,2		
Betriebsweise BHKW	[-]	Volllast	Teillast	Ersatz	Volllast	Ersatz	[Vol-%] CO ₂ 45,1		
Jahresbetriebsstunden	[h/a]						[Vol-%] O ₂ 0,4		
theor. Volllaststunden	[h/a]	8.600	5.977		8.416		[ppm] H ₂ S 22		
elektr. Arbeitsausnutzung	[%]	98	68		96		Mittlere Gasausbeuten Einsatzstoffmix		
GO - Gas-Otto-Motor; ZS - Zündstrahl-Motor; BG - Biogas									
Eigenstrombedarf:									
	[kWh/a]						Biogas Methan		
BGA gesamt	273.747	3	[% der Stromproduktion]		Eigenbedarf BGA	1.268.093	15	[m³/t] in FM 201 103	
					externe Wärmemenge	6.119.196	73	[m³/t] in oTS 721 369	
Wärmeverwertung:									
	[kWh/a]						Stromproduktion		
							[kWh/d] 22.059		
							[kWh/t] 377		

15.32 Biogasanlage 33

15.32.1 Anlagenbeschreibung

Die Biogasanlage 33 hat ihren Standort in Norddeutschland. Es handelt sich um eine Anlage mit angeschlossenem landwirtschaftlichen Betrieb mit Ackerbau. Die Inbetriebnahme erfolgte im Sommer 2010. Die zweistufige Anlage besteht aus Fermenter, Nachgärer und Gärrestlager.

Es werden feste und flüssige Einsatzstoffe eingesetzt. Die festen Einsatzstoffe gelangen über einen Feststoffeintrag per Stopfschnecke in den Fermenter. Die flüssigen Einsatzstoffe werden aus einem Lagerbehälter in den Fermenter gepumpt. Im Fermenter werden die Einsatzstoffe mit drei Tauchmotor-Propellerrührwerken mit dem Gärmedium gemischt. Anschließend gelangt das Gärmedium per Überlauf in den Nachgärer. Es kann aber auch mit einer zentralen Pumpe in den Nachgärer gepumpt werden, falls der Überlauf verstopft. Im Nachgärer stehen zwei Tauchmotor-Propellerrührwerke zur Homogenisierung des Gärmediums zur Verfügung, ebenso im Gärrestlager. Aus dem Nachgärer wird ein Teil des Gärmediums in das Gärrestlager gepumpt. Ein weiterer Teil wird in einem Pressschneckenseparator von Feststoffen getrennt und gelangt über einen Zwischentank ebenfalls ins Gärrestlager. Die separierten Feststoffe werden in einem Bandrockner getrocknet und anschließend bis zum Verkauf in einer kleinen Halle gelagert. Der flüssige Gärrest aus dem Gärrestlager wird auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht.

Das produzierte Biogas wird in allen drei Gebehältern im zusammen 3.174 m³ großen Gasspeicher biologisch entschwefelt und zwischengespeichert. Anschließend erfolgt noch eine Feinentschwefelung mittels Aktivkohle.

Das Biogas wird in einem BHKW mit einer elektrischen Leistung von 400 kW_{el} verwertet. Der produzierte Strom wird vollständig in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Die produzierte Wärme dient zur Beheizung von Fermenter und Nachgärer, eines Nahwärmenetzes mit 11 Privathaushalten und des Bandrockners für Gärreste (vgl. Abbildung 15-139).

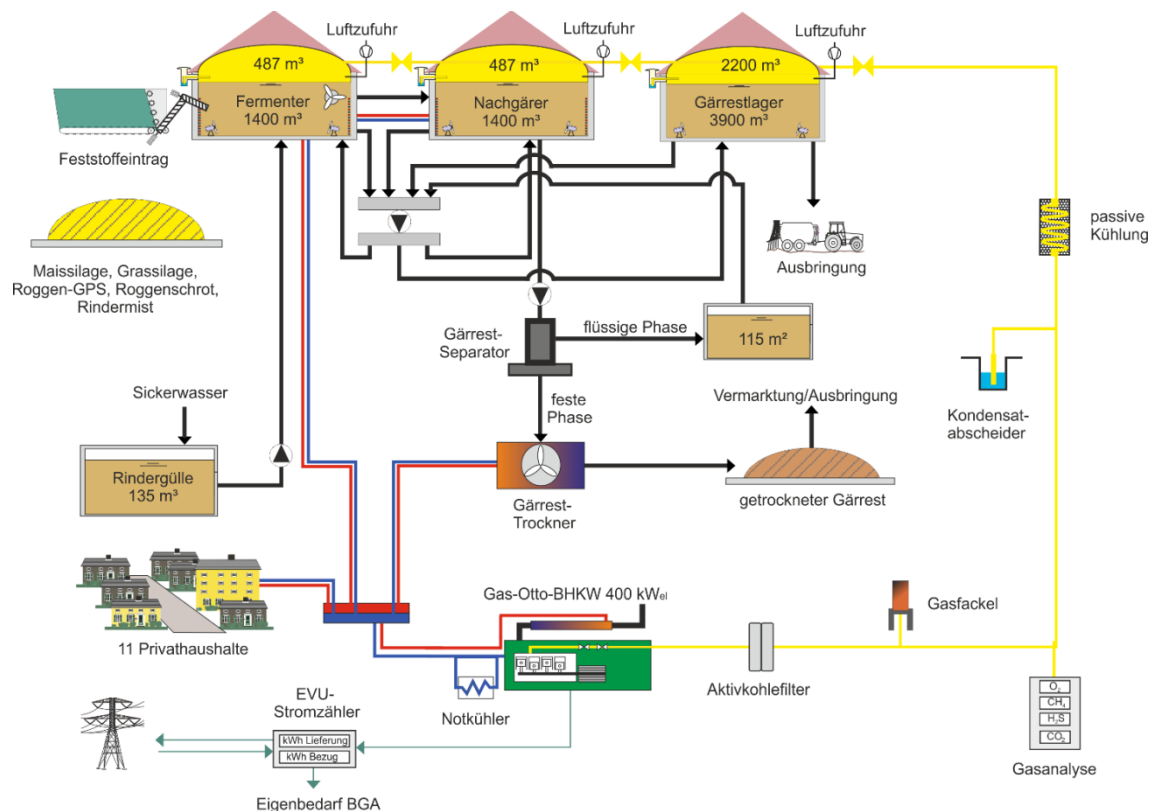


Abbildung 15-139: Anlagenschema der BGA 33

15.32.2 Möglichkeiten zur Beurteilung des Betriebs

Die messtechnische Ausstattung der BGA ist in Tabelle 15-90 aufgelistet. Die festen Einsatzstoffe werden bei der Einbringung mittels Waage am Feststoffeintrag gewogen. Eine Zuordnung der gemessenen Massen zu einzelnen, dem Feststoffeintrag zugegebenen, Komponenten war anfangs nicht möglich. Nach Anpassung der Prozesssteuerung bzw. -logs konnten ab dem 20. September die Massen der Einzelkomponenten erfasst werden. Die flüssigen Einsatzstoffe werden über einen Durchflussmengenähler erfasst.

Die Beurteilung des Gasertrages wird anhand der produzierten Strommenge des BHKW durchgeführt. Die Gärrestmenge wird nicht gemessen und aus Einsatzstoffmenge und produziertem Biogas errechnet. Ein Teil des Gärrest verlässt den Bilanzraum als getrockneter Feststoff. Diese Menge wird über den Wärmeverbrauch des Trockners abgeschätzt. Der Eigenverbrauch an Wärme zur Beheizung der Fermenter wird nicht erfasst.

Tabelle 15-90: Übersicht der vorhandenen Messtechnik der BGA 33

Zu erfassende Kenngröße	Art der Erfassung	Anmerkung
Feste Einsatzstoffe	Feststoffeinträge auf Wiegezellen, Wiegung der Einzelkomponenten	Tägliche Erfassung, automatische Speicherung im Betriebstagebuch
Flüssige Einsatzstoffe	Durchflussmengenähler an Zuführpumpe	Tägliche Erfassung, automatische Speicherung im Betriebstagebuch
Gärrestmenge	Keine Erfassung	Menge fester Gärrest wird über Wärmeverbrauch des Trockners geschätzt, Menge flüssiger Gärrest über Massenbilanz berechnet
Gasqualität	Stationäres Gasanalysegerät für CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S, O ₂ vor Aktivkohlefilter und vor BHKW	Tägliche Erfassung, automatische Speicherung im Betriebstagebuch
Gaszähler	Keine Messeinrichtung vorhanden	Gasmenge wird über Stromproduktion errechnet
Stromzähler	Zähler am BHKW und am Einspeisetransformator	Tägliche, automatische Erfassung am BHKW, monatliche Ablesung am Trafo
Eigenstromverbrauch	Zähler am Steuerschrank und Zähler des Netzbetreibers	Tägliche Erfassung am Steuerschrank mit automatischer Speicherung im digitalen Betriebstagebuch, Zähler Netzbetreiber: monatliche Ablesung, manueller Übertrag ins Betriebstagebuch
Eigenwärmeverbrauch	wird nicht erfasst	
Extern abgesetzte Wärmemenge	Wärmemengenähler am Trockner	Jährliche Ablesung, manueller Übertrag ins Betriebstagebuch, Monatswerte müssen interpoliert werden

Für die Beurteilung des Prozesses im Rahmen des Messprogramms wurden alle Analysen gemäß Kapitel 3.2.3 durchgeführt. Einmalig, im Januar 2018 erfolgte die Bestimmung des Restgaspotentials von festem und flüssigem Gärrest sowie die Messung des Biogas- und Methanpotentials der Substrate. Zum gleichen Termin wurde einmalig der Gehalt an Gesamtstickstoff im Gärrest ermittelt.

15.32.3 Anlagenbetrieb während des Messzeitraumes

Die Biogasanlage 33 wurde im Zeitraum von September 2017 bis August 2018 messtechnisch begleitet. Vollständige Daten zur Fütterung der Anlage liegen nur im Zeitraum 20. September 2017 bis 13. August 2018 vor. Die monatsgenaue Bilanzierung der Anlage muss sich daher auf den Zeitraum Oktober 2017 bis Juli 2018 beschränken. Angegebene Jahresmengen der Einsatzstoffe im Datenblatt wurden von aus den vorliegenden Daten von 10 Monaten hochgerechnet.

Während des Messzeitraums wurden durchgehend Mais-Ganzpflanzensilage, Grassilage und Rindergülle als Substrate eingesetzt. In den Lagerbehälter der Rindergülle wurde auch Sickersaft und Oberflächenwasser von den Fahrsiloanlagen gepumpt, sodass es sich immer um ein Gemisch aus Rindergülle und Sickersaft / Oberflächenwasser mit variablen Anteilen handelt. Von Januar bis August wurde Roggenschrot eingesetzt. Unregelmäßig wurden zusätzlich auch Roggen-Ganzpflanzensilage und Rinderfestmist eingesetzt. Spurenelemente und Eisenhydroxid wurden als Sackware ebenfalls dem Feststoffeintrag zugegeben (vgl. Abbildung 15-140).

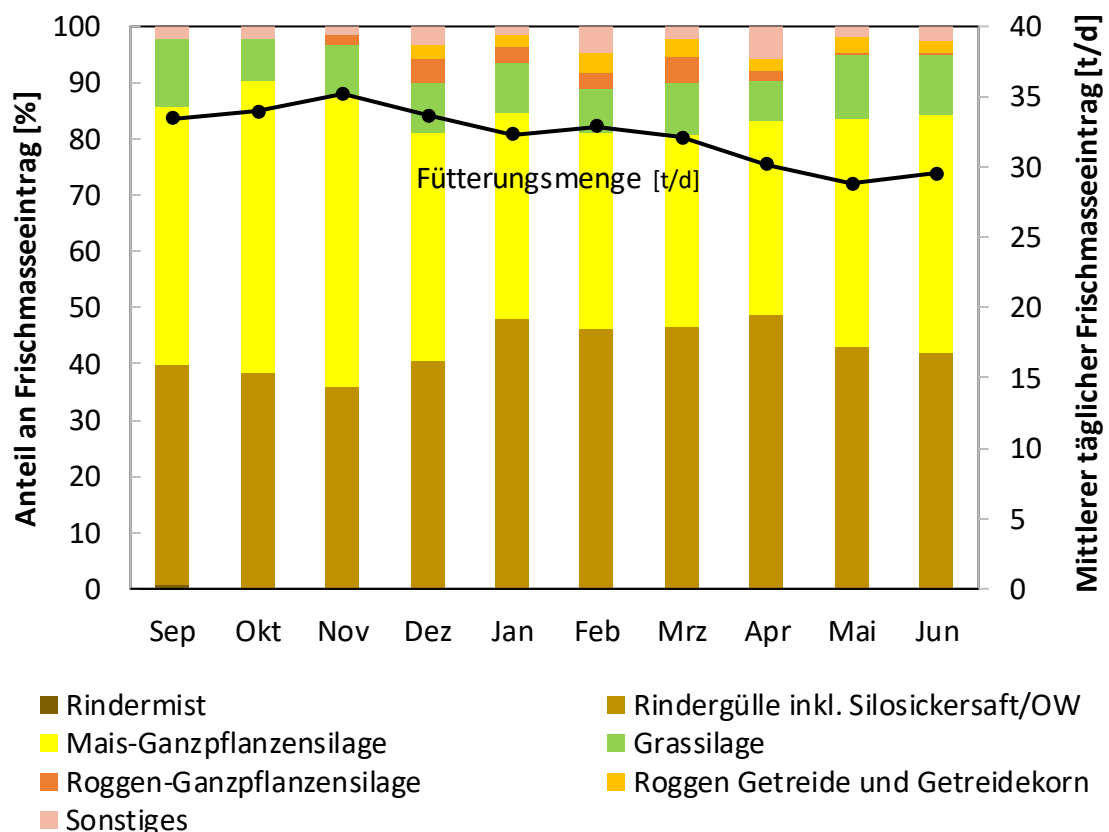


Abbildung 15-140: Zeitlicher Verlauf der Substratzusammensetzung und der zugeführten Substratmenge der BGA 33; OW = Oberflächenwasser

Der Anlagenbetrieb im Messzeitraum zeigte sich unauffällig. Zu Beginn der Messphase im September und Oktober konnten keine Proben aus dem Gärrestlager genommen werden, weil die Leitung zur Probenahmestelle verstopft war.

Zwischenzeitlich gab es Probleme an der Stopfschnecke des Feststoffeintrags. Das gefütterte Substrat wurde aufgrund dessen Beschaffenheit stark verdichtet und erhöhte die Stromaufnahme

des Schneckenantriebs. Zur Abhilfe wurden dem Substrat kontinuierlich geringe Mengen Wasser direkt vor der Stopfschnecke zugeführt um ein leichteres gleiten des Materials in der Schnecke zu ermöglichen.

Die Auslastung des BHKW war im Zeitraum der Messphase sehr gleichmäßig und erreichte im Durchschnitt 98 % der Höchstbemessungsleistung. Die monatliche thermische Auslastung kann nicht gezeigt werden, weil nicht die gesamte genutzte Wärme erfasst wird und für den Gärrestrockner nur jährliche Werte vorliegen. In der Messphase wurden durchschnittlich etwa 80 % der produzierten Wärme im Gärrestrockner genutzt (vgl. Abbildung 15-142).

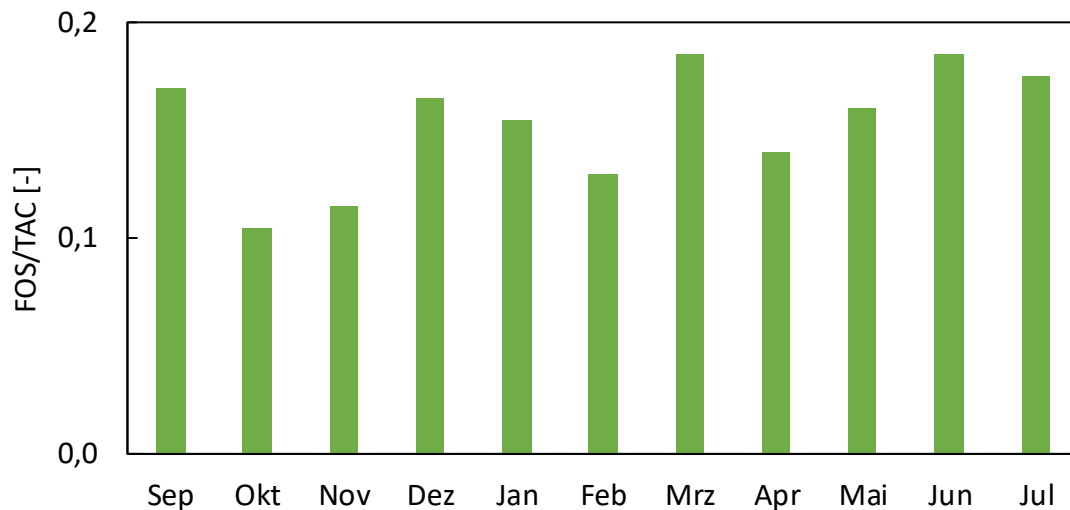


Abbildung 15-141: Zeitlicher Verlauf des FOS/TAC im Fermenter der BGA 33

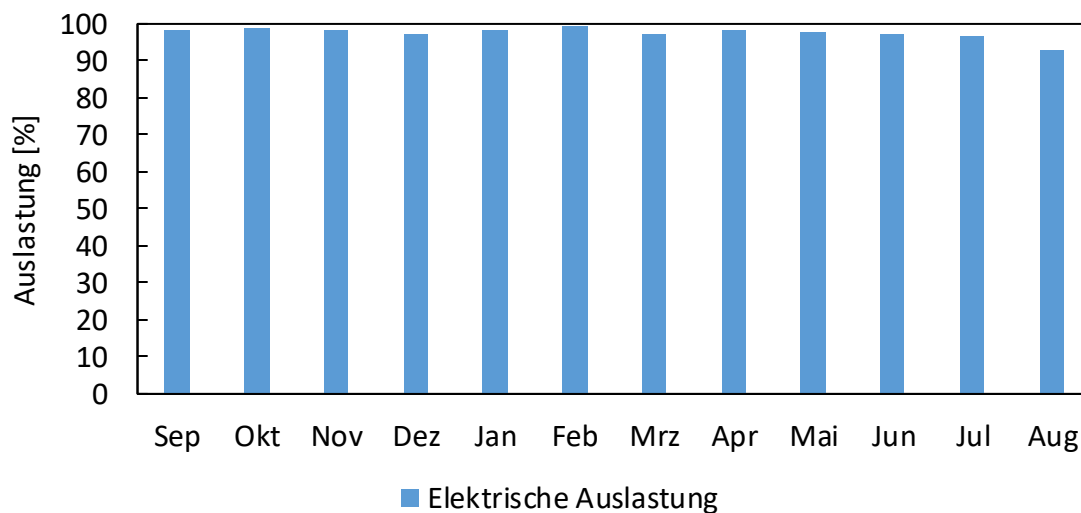


Abbildung 15-142: Elektrische Auslastung bezogen auf die Höchstbemessungsleistung der BGA 33

Tabelle 15-91: Datenblatt der Biogasanlage 33

BGA 33						
Allgemeine Angaben:						
installierte elektrische Leistung	400 kW					
Inbetriebnahme	08.2010					
Zeitraum der Messphase	09.2017 - 08.2018, vollständiger Datensatz nur im Zeitraum 10.2017 - 07.2018					
Einsatzstoffe	NawaRo, tierische Exkremente					
Gasverwertung	1 VOV-BHKW					
Erhalt Flexibilitätsprämie	nein					
Betriebsform	Einzelhofanlage, angeschlossener landwirtschaftlicher Betrieb mit Ackerbau					
Bauliche Anlagen:				Einsatzstoffe:		
Benennung		Fermenter	Nachgärer	Fermentersystem	Mengenangaben in FM	
Anzahl		1	1		Gesamt-Jahresmenge	11.753 [t/a]
Reaktorvolumen	[m³]	1.530	1.530	3.060	Gesamt-Tagesmenge	32,2 [t/d]
Arbeitsvolumen	[m³]	1.400	1.400	2.800	Grassilage	9,3 [%]
stehend / liegend	[-]	stehend	stehend		Rindergülle inkl. Silosickersaft	42,6 [%]
Gasspeichervolumen	[m³]	487	487	974	Mais-Ganzpflanzensilage	41,5 [%]
Betriebsparameter:					Rindermist	0,1 [%]
TS-Gehalt in FM	[%]	8,0			Roggen-Getreidekorn	1,8 [%]
oTS-Gehalt in TS	[%]	79,3			Roggen-Ganzpflanzensilage	1,9 [%]
organische Raumbelastung in oTS	[kg/(m³ d)]			2,3 _{FS}	Sonstiges	2,8 [%]
Verweilzeit	[d]			87 _{FS}	Einsatzstoffmix	
oTS-Abbau	[%]			78 _{GSV}	mittlerer TS-Gehalt in FM	22,1 [%]
FoTS-Ausbeute	[%]			109 _{GSV}	mittlerer oTS-Gehalt in TS	94,0 [%]
CH ₄ -Produktivität	[m³/(m³ d)]			0,9 _{FS}	mittlerer FoTS-Gehalt in TS	76,3 [%]
BG-Produktivität	[m³/(m³ d)]			1,7 _{FS}		
pH	[-]	7,7	7,7		Gärrestlager:	
Temperatur	[°C]	43	43		Anzahl	
NH ₄ -N in FM	[g/kg]	1,7			Lagerkapazität gasdicht	3.900 [m³]
N _{ges} -N in FM	[g/kg]	4,2			Lagerkap. nicht gasdicht / offen	0 [m³]
Essigsäureäquivalent in FM	[mg/l]	92			Gaspeichervolumen	2.200 [m³]
FOS/TAC	[-]	0,15			relatives Restmethanpotential	3,2 [%]
					TS-Gehalt im Gärrest in FM	7,3 [%]
					oTS-Gehalt im Gärrest in TS	75,7 [%]
Gasverwertung:				Gasproduktion:		
Netto-Methannutzungsgrad	[%]	68			Messung	vor AKF
		BHKW 1			Gaszusammensetzung	
Motortyp		GO			[Vol-%]	CH ₄ 52,9
elektr. Nennleistung	[kW]	400			[Vol-%]	CO ₂ 45,5
therm. Nennleistung	[kW]	457			[Vol-%]	O ₂ 0,3
elektr. Wirkungsgrad	[%]	39,9			[ppm]	H ₂ S 33
therm. Wirkungsgrad	[%]	45,6			Mittlere Gasausbeuten Einsatzstoffmix	
Betriebsweise BHKW	[-]	Volllast				Biogas Methan
Jahresbetriebsstunden	[h/a]	8.673			[m³/t] in FM	146 77
theor. Volllaststunden	[h/a]	8.598			[m³/t] in oTS	726 384
elektr. Arbeitsausnutzung	[%]	98			Stromproduktion	
					[kWh/d]	8.905
					[kWh/t]	277
GO - Gas-Otto-Motor; ZS - Zündstrahl-Motor; BG - Biogas						
Eigenstrombedarf:				Wärmeverwertung:		
BGA gesamt	[kWh/a]	231.924	7 [% der Stromproduktion]	Eigenbedarf BGA	[kWh/a]	- [% der Wärmeproduktion]
				Nahwärmenetz BGA mit Trockner	3.129.780	80 [% der Wärmeproduktion]

Tabelle 15-92: Ökonomisches Datenblatt für die Biogasanlage 33 im Jahr 2017

BGA 33				
installierte elektrische Leistung	400	kW	eingespeiste Strommenge 2017	3.249.638 kWh
elektrische Höchstbemessungsleistung	380	kW	Gesamtinvestitionsvolumen	1.658.036 €
Leistungen				
Stromerlöse (exklusive KWK-Bonus)	82,14	%	664.613	€/a
Wärmeerlöse (inklusive KWK-Bonus)	10,23	%	82.766	€/a
Sonstige Erlöse	7,63	%	61.696	€/a
Gesamterlöse	100	%	809.075	€/a
Kosten				
Substratkosten ¹	45,35	%	340.326	€/a
<i>davon Kosten für NawaRo</i>				
Mais	-	€/t	-	€/a
Gras	-	€/t	-	€/a
Restliche NawaRo	-	€/t	-	€/a
Personalkosten	3,33	%	25.000	€/a
Instandhaltungskosten	7,84	%	58.859	€/a
Abschreibungen ²	14,65	%	109.927	€/a
Sonstige Betriebskosten	28,83	%	216.350	€/a
<i>davon</i>				
Zündöl			-	€/a
Strombezug			52.020	€/a
Miete und Pacht			84.239	€/a
Maschinenmiete und Leasing			-	€/a
Prozessbetreuung und Beratung			-	€/a
Versicherungen, Beiträge und Abgaben			13.324	€/a
Berufsgenossenschaft			-	€/a
Sonst. Schmierstoffe und Betriebsmittel			15.168	€/a
Zinszahlungen			35.927	€/a
Buchführung und Verwaltung			-	€/a
Sonstiges			15.672	€/a
Gesamtkosten	100	%	750.463	€/a
Bilanz				
Gesamterlöse			24,90	ct/kWh
Stromgestehungskosten			23,09	ct/kWh
Betriebszweigergebnis			1,80	ct/kWh
Betriebszweigergebnis			58.613	€/a

¹ keine Differenzierung nach einzelnen Substratchargen möglich² lineare Abschreibung der gesamten Biogasanlage pauschal über 16 Jahre

15.33 Biogasanlage 34

15.33.1 Anlagenbeschreibung

Die Biogasanlage 34 hat ihren Standort in Norddeutschland. Es handelt sich um eine Anlage mit angeschlossenem landwirtschaftlichen Betrieb mit Ackerbau und Rinderhaltung. Die Inbetriebnahme erfolgte im Herbst 2013. Die zweistufige Anlage besteht aus Fermenter und einem zeitweise beheizten, gasdichten Gärrestlager 1 (im BMP III als Nachgärbehälter bezeichnet). Zusätzlich steht ein offenes Gärrestlager 2 am Anlagenstandort.

Es werden feste und flüssige Einsatzstoffe eingesetzt. Die festen Einsatzstoffe gelangen über einen Feststoffeintrag per Stopfschnecke in den Fermenter. Die flüssigen Einsatzstoffe werden aus einem Lagerbehälter in den Fermenter gepumpt. Der Fermenter ist ein liegender Zylinder, welcher als Pfpfenstromreaktor betrieben wird. In dessen Mitte ist längst ein langsam drehendes Paddelrührwerk installiert, welches für eine radiale Durchmischung sorgt. Eine Durchmischung in Längsrichtung findet nicht statt. Dadurch, dass an einer Seite des Zylinders die Substrate zugeführt werden, wird gleichzeitig an der anderen Seite Gärgemisch aus dem Fermenter herausgedrückt. Dieses Gärgemisch fließt über einen Überlauf in das Gärrestlager 1. Für den Fall, dass der Überlauf verstopft ist, kann das Gärgemisch auch mit einer zentralen Pumpe in das Gärrestlager 1 gefördert werden. Im Gärrestlager 1 steht ein Paddelrührwerk zur Durchmischung des Gärgemischs zur Verfügung. Der Gärrest wird mit der zentralen Pumpe aus dem Gärrestlager 1 in das Gärrestlager 2 gepumpt. Fermenter und Gärrestlager 1 sind das ganze Jahr konstant gefüllt.

Der Fermenter ist grundsätzlich beheizt. Das Gärrestlager 1 besitzt keine Heizung. Per Umlaufleitung an der zentralen Pumpe kann das Gärgemisch jedoch durch einen Wärmetauscher gepumpt werden, sodass auch im Gärrestlager 1 die Temperatur beeinflusst werden kann.

Das produzierte Biogas wird im Gärrestlager 1 im etwa 300 m³ großen Gasspeicher biologisch entschwefelt und zwischengespeichert. Anschließend erfolgt noch eine Feinentschwefelung mittels Aktivkohle.

Das Biogas wird in einem BHKW mit einer elektrischen Leistung von 75 kW verwendet. Der produzierte Strom wird vollständig in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Die produzierte Wärme dient zur Beheizung vom Fermenter und 2 Privathäusern des landwirtschaftlichen Betriebs (vgl. Abbildung 15-143).

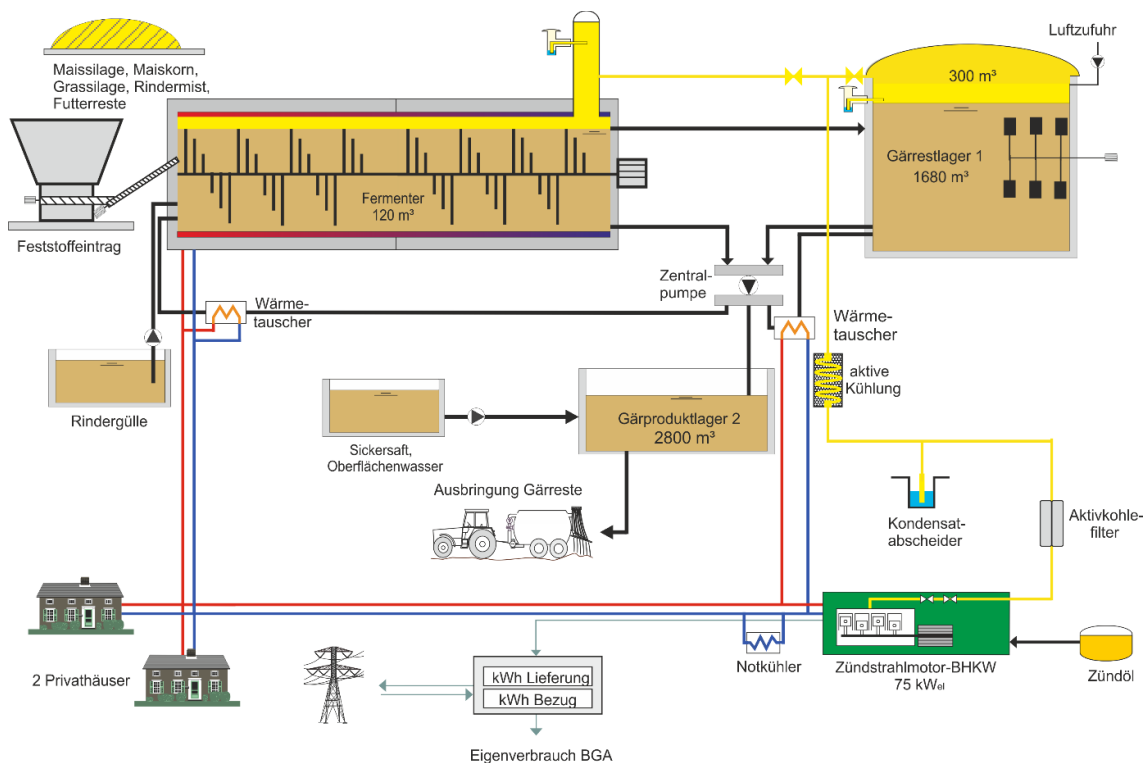


Abbildung 15-143: Anlagenschema der BGA 34

15.33.2 Möglichkeiten zur Beurteilung des Betriebs

Die messtechnische Ausstattung der BGA ist in Tabelle 15-93 aufgelistet. Die festen Einsatzstoffe werden bei der Einbringung mittels Waage am Feststoffeintrag gewogen. Die flüssigen Einsatzstoffe werden über einen Durchflussmengenähler erfasst.

Die Gaszusammensetzung wird an der Anlage nicht gemessen. Deshalb wurde bei der monatlichen Probenahme von Substraten, Gärgemisch und Gärrest auch jeweils eine Gasprobe zur Analyse im Labor gezogen.

Die Beurteilung des Gasertrages wird anhand der produzierten Strommenge des BHKW durchgeführt. Dafür muss die umgewandelte Energie aus dem Zündöl abgezogen werden. Die verbrauchte Zündölmenge wird über den Füllstand des Vorratstanks monatlich bestimmt.

Die Gärrestmenge wird nicht gemessen und aus Einsatzstoffmenge und produziertem Biogas errechnet. Der Eigenverbrauch an Wärme zur Beheizung der Fermenter wird nicht erfasst. Ebenso wird die extern genutzte Wärme nicht erfasst. Gemäß Aussage des Betreibers wird fast die gesamte Wärme zur Beheizung des Fermenters gebraucht. Eine Berechnung des Netto-Methannutzungsgrads ist damit aber nicht möglich.

Tabelle 15-93: Übersicht der vorhandenen Messtechnik der BGA 34

Zu erfassende Kenngröße	Art der Erfassung	Anmerkung
Feste Einsatzstoffe	Feststoffeinträge auf Wiegezellen, Wiegung der Einzelkomponenten	Tägliche Erfassung, händische Aufzeichnung
Flüssige Einsatzstoffe	Durchflussmengenähler an Zuführpumpe	Tägliche Erfassung, händische Aufzeichnung
Gärrestmenge	Keine Erfassung	Wird über Massenbilanz errechnet
Gasqualität	Kein Gasmessgerät vorhanden. Regelmäßige Messung von H ₂ S mit Messröhrchen zur Prüfung der Aktivkohle	Für die Messdatenaufnahme wurde bei der monatlichen Probenahme auch eine Gasprobe genommen und im Labor gemessen
Gaszähler	Keine Messeinrichtung vorhanden	Gasmenge wird über Stromproduktion errechnet
Zündölmenge	Ablesung Füllhöhe Vorratstank	Monatliche Ablesung
Stromzähler	Zähler am BHKW und am Einspeisetransformator	Tägliche, händische Aufzeichnung vom BHKW, monatliche Ablesung am Trafo
Eigenstromverbrauch	Zähler des Netzbetreibers	monatliche Ablesung, manueller Übertrag ins Betriebstagebuch
Eigenwärmeverbrauch	Wird nicht erfasst	
Extern abgesetzte Wärmemenge	Wird nicht erfasst	

Um den biologischen Prozess beurteilen zu können, werden vom Anlagenbetreiber unregelmäßig TS, oTS, FOS/TAC und das Säurespektrum vom Fermenter bestimmt.

Für die Beurteilung im Rahmen des Messprogramms wurden alle Analysen gemäß Kapitel 3.2.3 durchgeführt. Im April 2018 erfolgte die Bestimmung des Restgaspotentials vom Gärrest, sowie die Messung des Biogas- und Methanpotentials der Substrate. Zum gleichen Termin wurde einmalig der Gehalt an Gesamtstickstoff im Gärrest ermittelt. Die Bestimmung des Restgaspotentials wurde im August 2018 wiederholt, nachdem der Gärprozess stabil lief.

15.33.3 Anlagenbetrieb während des Messzeitraumes

Die Biogasanlage 34 wurde im Zeitraum von August 2017 bis Juli 2018 messtechnisch begleitet. Während des Messzeitraums wurden durchgehend Rindergülle, Rinderfestmist und Futterreste aus der Milchviehfütterung als Substrate eingesetzt. Die Futterreste bestanden aus etwa gleichen Anteilen Mais-Ganzpflanzensilage und Grassilage und geringen Anteilen von zugesetzten Mineralstoffen. Von Februar bis Mai 2018 wurde zusätzlich Maiskornsilage eingesetzt (vgl. Abbildung 15-144).

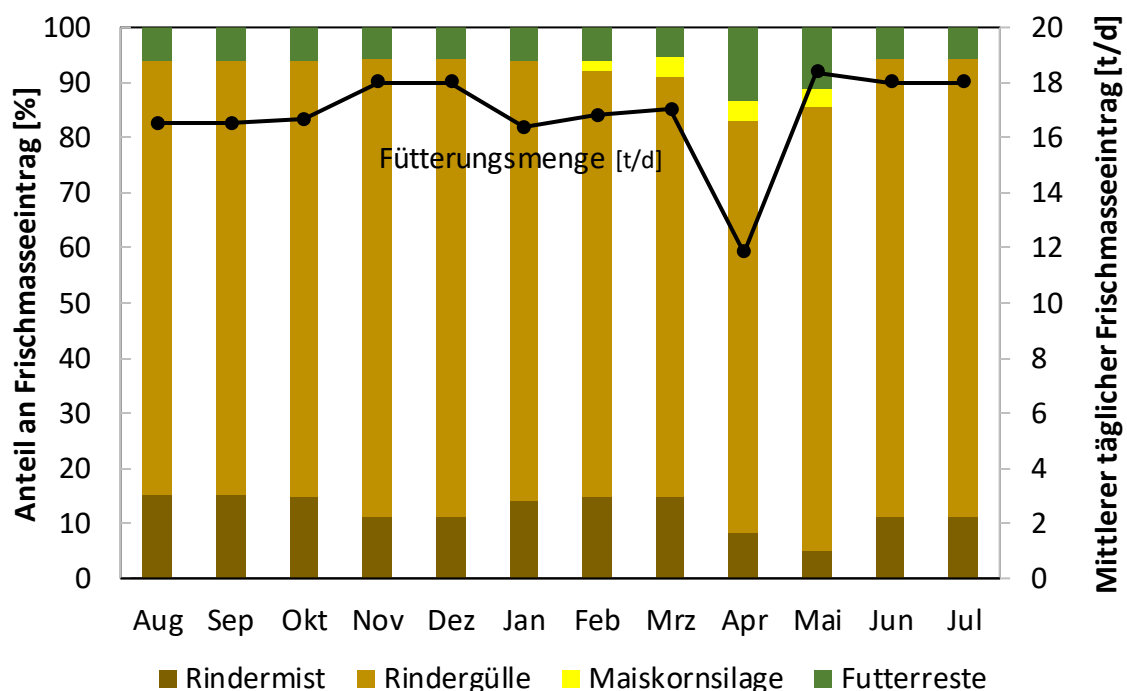


Abbildung 15-144: Zeitlicher Verlauf der Substratzusammensetzung und der zugeführten Substratmenge der BGA 34

Der Anlagenbetrieb im Messzeitraum war sehr unstetig und von vielen Problemen begleitet. Wegen der sehr kurzen Verweilzeit des Substrats im Fermenter und der sehr hohen organischen Raumbelastung kam es wiederholt zur Übersäuerung der Fermenterbiologie. In der Messphase geschah dies erstmalig im Oktober 2017 zusammen mit der Entstehung einer Schwimmschicht im Fermenter. Aufgrund früherer Erfahrung mit diesem Problem entschied sich der Betreiber die Temperatur des Fermenters von 52°C auf 42°C zu verringern. Die Fütterung wurde dahingehend verändert, dass etwas weniger Rinderfestmist, dafür etwas mehr Rindergülle eingesetzt wurde. Außerdem wurde vermehrt Gärgemisch aus dem Gärrestlager 1 in den Fermenter rezirkuliert. Im Januar 2018 hatte sich die Fermenterbiologie wieder erholt. Allerdings konnte das BHKW wegen geringer Gasausbeute nicht ausgelastet werden, weshalb der Betreiber die Temperatur im Fermenter wieder von 42°C auf 50°C erhöhte und die Fütterung auf die Werte vor Oktober 2017 zurückgesetzt wurde. In Zeiten geringer Gasproduktion wurde der Zündölanteil am BHKW erhöht, um einen durchgehenden Betrieb des BHKW und damit der Wärmebereitstellung für den Fermenter sicherstellen zu können.

Im Februar, mit beginnender Fütterung von Maiskornsilage, begannen die Säurewerte im Fermenter bereits wieder anzusteigen bis Ende März der pH-Wert am Ausgang des Fermenters

bei 5,4 lag und das Säurespektrum im Fermenter dem einer Hydrolysestufe glich. Anfang April wurde daher die Fütterung tagelang komplett ausgesetzt. Danach wurde mehr Rindergülle und weniger Rinderfestmist eingesetzt. Es wurde wieder vermehrt Gärgemisch aus dem Gärrestlager 1 in den Fermenter zurückgeführt um die Milieubedingungen für die Gärmikrobiologie wieder zu normalisieren. Gleichzeitig gab es technische Probleme mit der Steuerung des BHKW. Das BHKW brauchte ein neues Steuergerät und stand zweimal zwei Wochen in April und Mai wegen Reparaturarbeiten still. Aufgrund der fehlenden Wärmeproduktion sank die Fermentertemperatur auf 40°C ab. Es wurde eine mobile Heizung angeschlossen, um den Fermenter warm zu halten. Als neue Soll-Temperatur wurde wieder 42°C gewählt und nun bis Ende der Messphase beibehalten. Dadurch, dass ein größerer Volumenstrom zur Rezirkulation aus dem Gärrestlager 1 in den Fermenter gepumpt wurde, floss auch vermehrt warmes Gärgemisch aus dem Fermenter in das Gärrestlager 1 ab. Somit erhöhte sich im Gärrestlager 1 ebenfalls die Temperatur und die Gasausbeute verbesserte sich.

Ende Mai waren die Säurewerte im Fermenter mit 8129 mg/L Essigsäureäquivalent immer noch sehr hoch. Die Fütterung von Maiskornsilage wurde beendet. Im Juni und Juli sanken die Säurewerte im Fermenter weiter auf ein normales Niveau ab. Das BHKW konnte mit dem zusätzlichen Gas aus dem nun wärmeren Gärrestlager 1 ausgelastet werden. Im Jahresmittel lag die BHKW Auslastung bei 84 % der Höchstbemessungsleistung. Die thermische Auslastung kann nicht angegeben werden, da die extern genutzten Wärmemengen nicht erfasst werden.

Im Rahmen des BMP III wurde zur Beurteilung des Gärprozesses jeder Biogasanlage einmalig der Gärrest auf das enthaltene Restgaspotential untersucht. Der Zeitpunkt für diese Untersuchung wurde für diese Anlage im Vorhinein auf den Monat April festgelegt. Wegen der Prozessstörung im April sind die ermittelten Werte sehr hoch. Die Untersuchung wurde deshalb im August 2018, einen Monat nach Beendigung der Messphase, wiederholt. Das relative Restmethanpotential während der Prozessstörung im April 2018 lag bei 25 %, wohingegen der Wert bei stabilem Betrieb im August 2018 bei 11 % lag.

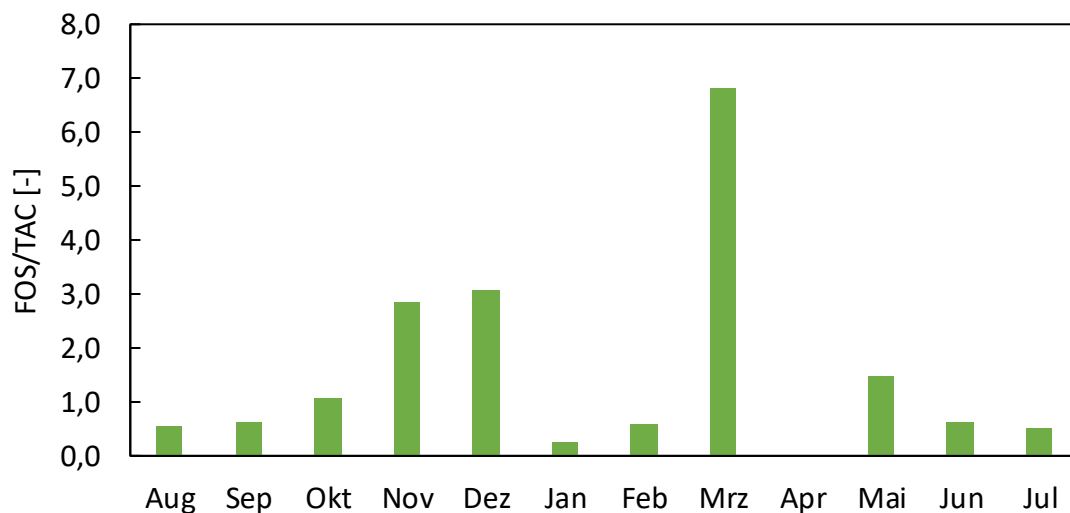


Abbildung 15-145: Zeitlicher Verlauf des FOS/TAC im Fermenter der BGA 34

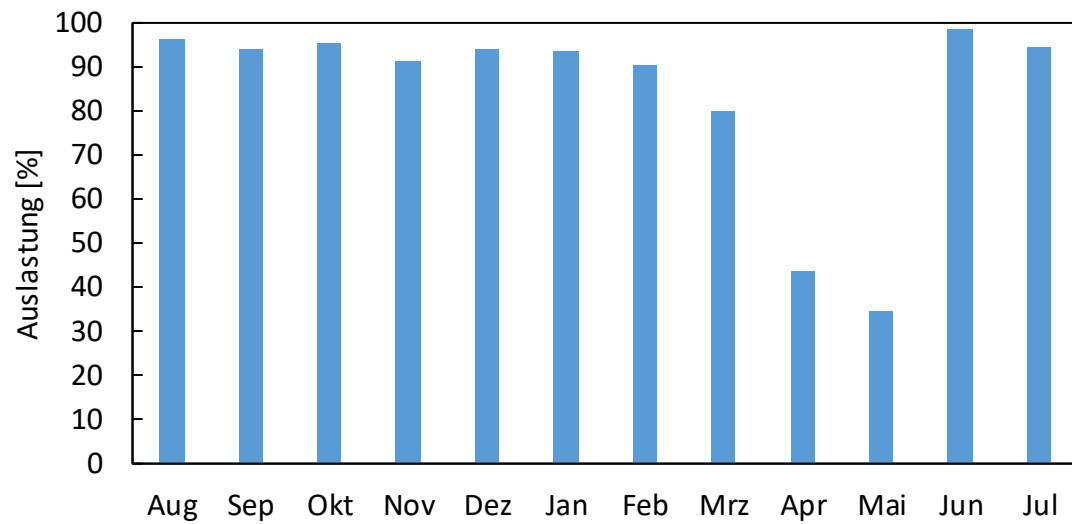


Abbildung 15-146: Elektrische Auslastung bezogen auf die Höchstbemessungsleistung der BGA 34

Tabelle 15-94: Datenblatt der Biogasanlage 34

BGA 34					
Allgemeine Angaben:					
installierte elektrische Leistung	75 kW				
Inbetriebnahme	12.2013				
Zeitraum der Messphase	08.2017 - 07.2018				
Einsatzstoffe	NawaRo, tierische Exkremente				
Gasverwertung	1 VOV-BHKW				
Erhalt Flexibilitätsprämie	nein				
Betriebsform	Einzelhofanlage, angeschlossener landwirtschaftlicher Betrieb mit Ackerbau, Milchviehhaltung und Rinderzucht				
Bauliche Anlagen:				Einsatzstoffe:	
Benennung		Fermenter	Nachgärer	Fermentersystem	Mengenangaben in FM
Anzahl		1	1		Gesamt-Jahresmenge 6.148 [t/a]
Reaktorvolumen [m³]		130	1.730	1.860	Gesamt-Tagesmenge 16,8 [t/d]
Arbeitsvolumen [m³]		120	1.650	1.770	Futterreste 6,7 [%]
stehend / liegend [-]		liegend	stehend		Rindergülle 80,2 [%]
Gasspeichervolumen [m³]		0	300	300	Rindermist 12,2 [%]
					Maiskornsilage 0,9 [%]
Betriebsparameter:				Einsatzstoffmix	
TS-Gehalt in FM [%]		9,1			mittlerer TS-Gehalt in FM 15,0 [%]
oTS-Gehalt in TS [%]		77,4			mittlerer oTS-Gehalt in TS 81,7 [%]
organische Raumbelastung in oTS [kg/(m³ d)]				1,16 _{FS}	mittlerer FoTS-Gehalt in TS 47,5 [%]
Verweilzeit [d]				105 _{FS}	
oTS-Abbau [%]				68 _{GSY}	
FoTS-Ausbeute [%]				63 _{GSY}	
CH ₄ -Produktivität [m³/(m³ d)]				0,18 _{FS}	
BG-Produktivität [m³/(m³ d)]				0,35 _{FS}	
pH [-]		7,3	7,6		Gärrestlager:
Temperatur [°C]		40 - 52	22 - 41		Anzahl 1
NH ₄ -N in FM [g/kg]		1,9			Lagerkapazität gasdicht 0 [m³]
N _{ges} -N in FM [g/kg]		3,6			Lagerkap. nicht gasdicht / offen 2.800 [m³]
Essigsäureäquivalent in FM [mg/l]		7.399			Gasspeichervolumen 0 [m³]
FOS/TAC [-]		1,68			relatives Restmethanpotential 15,4 [%]
					TS-Gehalt im Gärrest in FM 5,7 [%]
					oTS-Gehalt im Gärrest in TS 73,5 [%]
Gasverwertung:				Gasproduktion:	
		BHKW 1		Messung	nach AKF
Motortyp		ZS		Gaszusammensetzung	
elektr. Nennleistung [kW]		75		[Vol-%]	CH ₄ 51,4
therm. Nennleistung [kW]		75		[Vol-%]	CO ₂ -
elektr. Wirkungsgrad [%]		41,0		[Vol-%]	O ₂ -
therm. Wirkungsgrad [%]		41,0		[ppm]	H ₂ S -
Betriebsweise BHKW [-]		Volllast		Mittlere Gasausbeuten Einsatzstoffmix	
Jahresbetriebsstunden [h/a]		7.903			Biogas Methan
theor. Volllaststunden [h/a]		7.508		[m³/t] in FM	36 19
elektr. Arbeitsausnutzung [%]		86		[m³/t] in oTS	298 153
				Stromproduktion	
				[kWh/d]	1.509
				[kWh/t]	90
GO - Gas-Otto-Motor; ZS - Zündstrahl-Motor; BG - Biogas					
Eigenstrombedarf:		Wärmeverwertung:			
BGA gesamt	[kWh/a]	46.558	8	keine externe Wärmeverwertung; ausschließliche Deckung des Eigenbedarfes	
			[% der Stromproduktion]	Eigenbedarf wird nicht messtechnisch erfasst	

Tabelle 15-95: Ökonomisches Datenblatt für die Biogasanlage 34 im Jahr 2017

BGA 34				
installierte elektrische Leistung	75	kW	eingespeiste Strommenge 2017	593.712 kWh
elektrische Höchstbemessungsleistung	71	kW	Gesamtinvestitionsvolumen	732.033 €
Leistungen				
Stromerlöse (exklusive KWK-Bonus)	98,38	%	145.459	€/a
Wärmeerlöse (inklusive KWK-Bonus)	0,00	%	-	€/a
Sonstige Erlöse	1,62	%	2.400	€/a
Gesamterlöse	100	%	147.859	€/a
Kosten				
Substratkosten	14,79	%	25.700	€/a
<i>davon Kosten für NawaRo</i>				
Mais	30,00	€/t	900	€/a
Gras	-	€/t	-	€/a
Restliche NawaRo	-	€/t	-	€/a
Personalkosten	4,20	%	7.300	€/a
Instandhaltungskosten	8,67	%	15.054	€/a
Abschreibungen	33,49	%	58.179	€/a
Sonstige Betriebskosten	38,85	%	67.486	€/a
<i>davon</i>				
Zündöl			19.878	€/a
Strombezug			13.854	€/a
Miete und Pacht			-	€/a
Maschinenmiete und Leasing			-	€/a
Prozessbetreuung und Beratung			2.257	€/a
Versicherungen, Beiträge und Abgaben			7.459	€/a
Berufsgenossenschaft			-	€/a
Sonst. Schmierstoffe und Betriebsmittel			-	€/a
Zinszahlungen			17.158	€/a
Buchführung und Verwaltung			-	€/a
Sonstiges			6.881	€/a
Gesamtkosten	100	%	173.720	€/a
Bilanz				
Gesamterlöse			24,90	ct/kWh
Stromgestehungskosten			29,26	ct/kWh
Betriebszweigergebnis	-		4,36	ct/kWh
Betriebszweigergebnis	-		25.860	€/a

15.34 Biogasanlage 35

15.34.1 Anlagenbeschreibung

Die Biogasanlage 35 hat ihren Standort in Norddeutschland. Es handelt sich um eine Gemeinschaftsanlage mehrerer Landwirte und anderer Wirtschaftsunternehmen. Die Inbetriebnahme erfolgte im Herbst 2014. Die zweistufige Anlage besteht aus Fermenter, Nachgärer, Gärrestlager 1 und Gärrestlager 2. Es werden ausschließlich feste Einsatzstoffe eingesetzt. Diese gelangen über zwei Feststoffeinträge per Stopfschnecke in den Fermenter. Aufgrund der großen täglichen Substratmenge erfolgt der Eintrag über zwei Feststoffeintragssysteme, um nicht mehrfach täglich den Feststoffeintrag befüllen zu müssen. Der Fermenter ist quaderförmig und arbeitet nach dem Pfpfenstrom-Prinzip. Im Fermenter sind quer zur Strömungsrichtung acht horizontale Wellen mit ineinandergreifenden Haspeln installiert. Die acht Rührwerkswellen laufen immer in Strömungsrichtung nacheinander an und fördern das Material von der Seite des Eintrags auf die des Austrags. Nachgärer, Gärrestlager 1 und Gärrestlager 2 sind als Rührkessel konstruiert und haben je vier Tauchmotor-Propellerrührwerke installiert. Diese Rundbehälter besitzen keine Heizung. Das Gärgemisch im Nachgärer kann aber über eine Umlaufleitung beheizt werden, was in der Praxis aber nicht geschieht. Der Fermenter wird thermophil bei 50°C betrieben. Danach kühlt das Gärgemisch in den nachfolgenden Behältern schrittweise ab. Die Temperaturen im Nachgärer liegen über das Jahr zwischen 40 und 48°C, ohne Beheizung. Das Gärgemisch verlässt den Fermenter durch vier Rohre, welche in zwei redundante Mazeratoren münden. Dort werden Feststoffe im Gärgemisch mit einem rotierenden Messer zerkleinert und anschließend zum Teil wieder dem Fermenter und dem Nachgärer zugeführt. Der andere Teil wird zu zwei redundanten Pressschneckenseparatoren gepumpt und dort in Feststoff und Flüssigkeit getrennt. Der Feststoff fällt auf die Siloplatte und wird als Gärrest ausgebracht. Die Flüssigkeit wird ins das Gärrestlager 1 gepumpt. Das Gärgemisch aus dem Nachgärer gelangt nach der Gärung mittels Pumpe in das Gärrestlager 1 und anschließend ins Gärrestlager 2. Wenn der Gärrest auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht werden soll, wird bevorzugt das Gärrestlager 2 geleert und erst danach das Gärrestlager 1. Fermenter und Nachgärer sind übers Jahr gleichmäßig gefüllt.

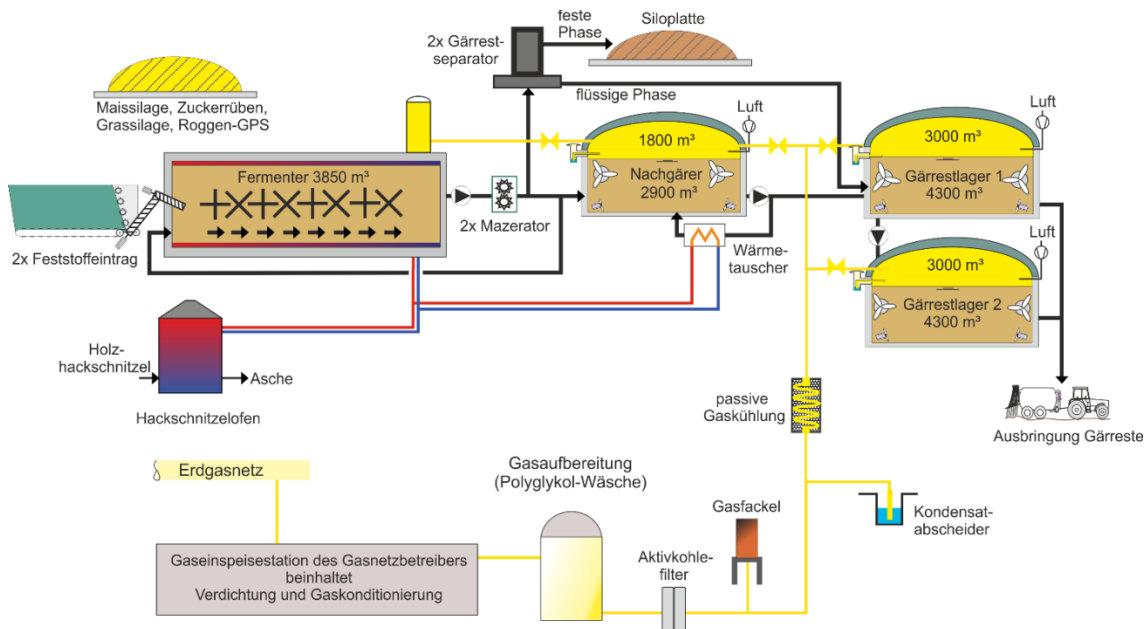


Abbildung 15-147: Anlagenschema der BGA 35

Das produzierte Biogas wird in Nachgärer, Gärrestlager und Gärrestlager 2 im zusammen 7800 m³ großen Gasspeicher biologisch entschwefelt und zwischengespeichert. Anschließend erfolgt noch eine Feinent Schwefelung mittels Aktivkohle. Die Verwertung des Biogases findet nicht ab Anlagenstandort statt. Das Rohbiogas wird mittels Polyglykol-Wäsche auf Biomethanqualität aufbereitet und an den örtlichen Gasnetzbetreiber übergeben. Dieser

übernimmt die Verdichtung auf das Druckniveau des Gasnetzes und die Konditionierung des Biomethans mit Anpassung des Brennwertes und Odorierung. Da kein BHKW zur Wärmebereitstellung installiert ist, wird der Fermenter mit einer Holzhackschnitzelfeuerung mit Wärme versorgt (vgl. Abbildung 15-147).

15.34.2 Möglichkeiten zur Beurteilung des Betriebs

Die messtechnische Ausstattung der BGA ist in Tabelle 15-96 aufgelistet. Die festen Einsatzstoffe werden bei der Einbringung mittels Waage an beiden Feststoffeinträgen gewogen. Flüssige Einsatzstoffmengen an Silosickerwasser werden über Durchflussmengenähler erfasst. Die Gärrestmengen werden bei der Ausbringung mit Hilfe einer Fahrzeugwaage gemessen und notiert. Die monatlich aggregierten Werte werden ins Betriebstagebuch übernommen. Die Gasmengen und Gasqualitäten werden vor und nach der Biogasaufbereitungsanlage gemessen. Für die Bewertung der Anlage werden die Messwerte vor der Biogasaufbereitungsanlage herangezogen. Eigenstrom- und Eigenwärmebedarf werden monatlich gemessen. Eine externe Wärmenutzung findet nicht statt und wird daher auch nicht gemessen.

Tabelle 15-96: Übersicht der vorhandenen Messtechnik der BGA 35

Zu erfassende Kenngröße	Art der Erfassung	Anmerkung
Feste Einsatzstoffe	Feststoffeinträge auf Wiegezellen, Wiegung der Einzelkomponenten	Tägliche Erfassung, automatische Speicherung im Betriebstagebuch
Flüssige Einsatzstoffe	Durchflussmengenähler an Pumpe	Tägliche Erfassung, automatische Speicherung im Betriebstagebuch
Gärrestmenge	Wiegung von festen und flüssigen Gärresten bei Ausbringung	Händische Erfassung jeder Wiegung, monatlicher Übertrag ins Betriebstagebuch
Gasqualität	Stationäres Gasanalysegerät für CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S, O ₂ vor Aktivkohle-Filter und nach Biogasaufbereitung	Tägliche Erfassung, automatische Speicherung im Betriebstagebuch
Gaszähler	Gasmengenähler mit Umrechnung auf Normbedingungen vor Biogasaufbereitungsanlage und vor Biomethan-Einspeiseanlage	Tägliche Erfassung, Zähler vor Biogasaufbereitungsanlage wird zur Bewertung der Gasproduktion genutzt
Stromzähler	Keine Zähler	Keine Stromproduktion und daher auch kein Zähler
Eigenstromverbrauch	Zähler zur Erfassung des Stromverbrauchs der BGA und der Aufbereitungsanlage	Monatliche Erfassung, manueller Übertrag ins Betriebstagebuch
Eigenwärmeverbrauch	Wärmemengenähler an Fermenter-heizung	Monatliche Erfassung, manueller Übertrag ins Betriebstagebuch
Extern abgesetzte Wärmemenge	Kein Zähler	Kein externer Wärmeabsatz, daher kein Zähler

Um den biologischen Prozess beurteilen zu können, werden vom Anlagenbetreiber alle zwei Wochen TS, oTS, FOS/TAC, elektrische Leitfähigkeit und das Essigsäureäquivalent vom Gärgemisch im Fermenter bestimmt.

Für die Beurteilung im Rahmen des Messprogramms wurden alle Analysen gemäß Kapitel 3.2.3 durchgeführt. Im Januar 2018 erfolgte die Bestimmung des Restgaspotentials vom festen und flüssigen Gärrest, sowie die Messung des Biogas- und Methanpotentials der Substrate. Zum gleichen Termin wurde einmalig der Gehalt an Gesamtstickstoff im flüssigen Gärrest ermittelt.

15.34.3 Anlagenbetrieb während des Messzeitraumes

Die Biogasanlage 35 wurde im Zeitraum von August 2017 bis Juli 2018 messtechnisch begleitet. In diesem Zeitraum wurde durchgehend Maissilage, Grassilage und Roggen-Ganzpflanzensilage eingesetzt. Von Oktober 2017 bis Juni 2018 wurden unsilierte Zuckerrüben eingesetzte. Vereinzelt wurden Reste aus der Kaffeebohnenproduktion und feste separierte Rindergülle eingesetzt (vgl. Abbildung 15-148). Außerdem wurden dem Fermenter täglich Eisenhydroxid zur chemischen Entschwefelung und Spurenelemente zugeführt. Von April bis Juni 2018 wurde Silosickersaft in den Fermenter gepumpt. Das verschmutzte Oberflächenwasser von den Fahrsiloanlagen wird sonst im Gärrestlager 2 gesammelt.

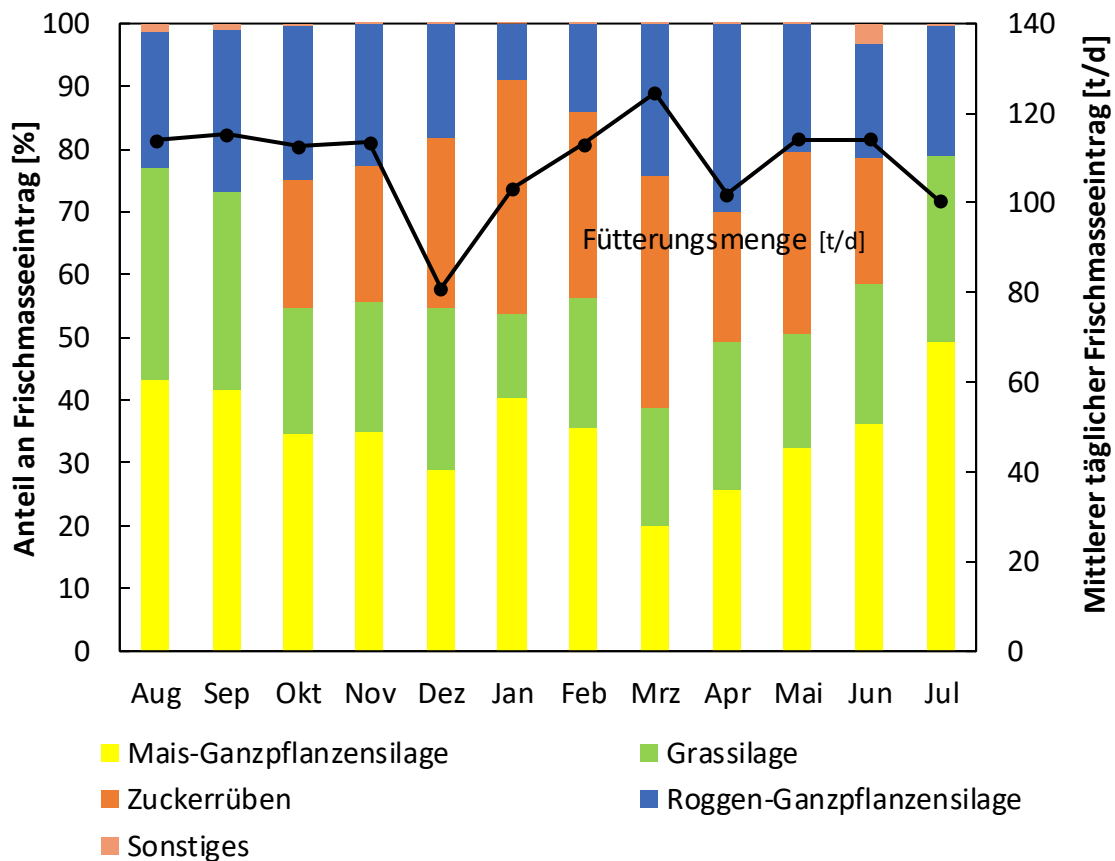


Abbildung 15-148: Zeitlicher Verlauf der Substratzusammensetzung und der zugeführten Substratmenge der BGA 35

Die Anlage lief im Betrachtungszeitraum relativ gleichmäßig. Die gemessenen FOS/TAC-Werte zeigen einen gleichbleibend stabilen Gärprozess (vgl. Abbildung 15-149). Durch die Besonderheit des Pfropfenstromfermenters waren die gemessenen Essigsäureäquivalente im Gärmedium etwas höher als bei vergleichbaren Rührkesselfermentern. Die Gasausbeute war vergleichsweise hoch und das relative Restmethanpotential des Gärrests mit 2,7 % sehr gering. Die organische Raumbelastung des Fermentersystems lag im Jahresschnitt bei 4,3 kg_{oTS}/(m³ d), die hydraulische Verweilzeit bei 62 d (vgl. Tabelle 15-97).

Eine Beeinträchtigung des Betriebs trat durch das Wetter im Herbst 2017 auf. Auf den durch große Regenmengen aufgeweichten Ackerböden konnte kein Gärrest ausgebracht werden. Dadurch waren zu Jahresende 2017 die Gärrestlager so voll, dass die Fütterung der Anlage im Dezember und Januar reduziert werden musste. Außerdem traten in unregelmäßigen zeitlichen Abständen kleinere Störungen der Biogasaufbereitungsanlage auf, sodass Biogas abgefackelt werden musste. Insgesamt lief die Biogasfackel etwa 112 Stunden im Messzeitraum, was etwa 1,3 % der Jahresstunden entspricht.

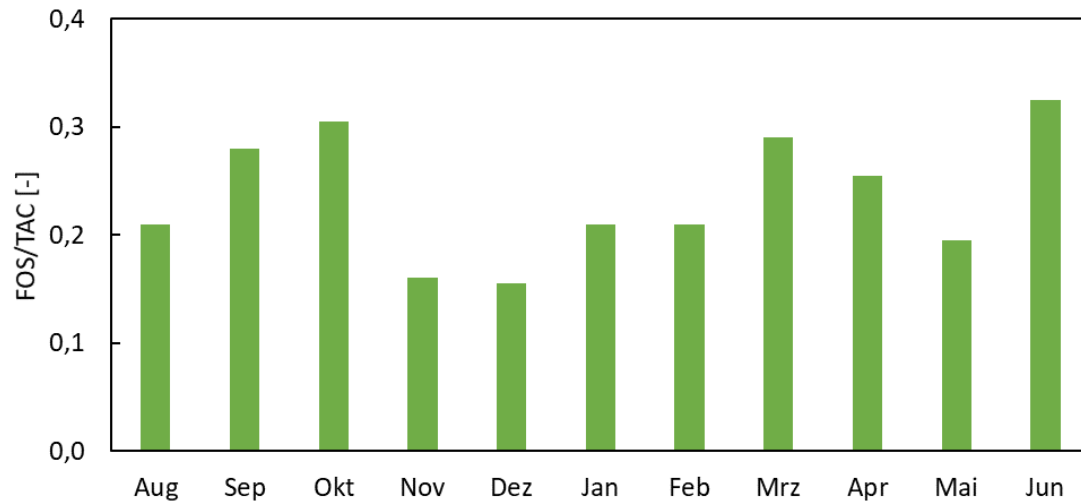


Abbildung 15-149: Zeitlicher Verlauf des FOS/TAC im Fermenter der BGA 35

Tabelle 15-97: Datenblatt der Biogasanlage 35

BGA 35					
Allgemeine Angaben:					
installierte elektrische Leistung	0 kW				
Inbetriebnahme	12.2014				
Zeitraum der Messphase	08.2017 - 07.2018				
Einsatzstoffe	NawaRo				
Gasverwertung	Gasaufbereitung zu Biomethan & Einspeisung ins Erdgasnetz				
Erhalt Flexibilitätsprämie	nein				
Betriebsform	sonstige Anlage				
Bauliche Anlagen:					
Benennung		Fermenter	Nachgärer	Fermentersystem	Einsatzstoffe:
Anzahl		1	1		Mengenangaben in FM
Reaktorvolumen	[m³]		3.185		Gesamt-Jahresmenge 39.746 [t/a]
Arbeitsvolumen	[m³]	3.850	2.900	6.750	Gesamt-Tagesmenge 108,9 [t/d]
stehend / liegend	[-]	liegend	stehend		Grassilage 23,1 [%]
Gasspeichervolumen	[m³]	0	1.800	1.800	Mais-Ganzpflanzensilage 35,2 [%]
					Roggen-Ganzpflanzensilage 20,9 [%]
					Zuckerrüben 20,2 [%]
					Sonstiges 0,5 [%]
Betriebsparameter:					
TS-Gehalt in FM	[%]	10,9			Einsatzstoffmix
oTS-Gehalt in TS	[%]	73,4			
organische Raumbelastung in oTS	[kg/(m³ d)]			4,3 _{FS}	
Verweilzeit	[d]			62 _{FS}	
oTS-Abbau	[%]			89 _{GSV}	
FoTS-Ausbeute	[%]			122 _{GSV}	mittlerer TS-Gehalt in FM 29,5 [%]
CH ₄ -Produktivität	[m³ / (m³ d)]			1,9 _{FS}	mittlerer oTS-Gehalt in TS 93,4 [%]
BG-Produktivität	[m³ / (m³ d)]			3,5 _{FS}	mittlerer FoTS-Gehalt in TS 75,6 [%]
pH	[-]	7,7			Gärrestlager:
Temperatur	[°C]	51	40 - 48		
NH ₄ -N in FM	[g/kg]	1,9			
N _{ges} -N in FM	[g/kg]	4,6			
Essigsäureäquivalent in FM	[mg/l]	441			
FOS/TAC	[-]	0,24			
Gasverwertung: Biomethan-Einspeisung, keine Vor-Ort-Verstromung					Gasproduktion:
					Messung vor AKF
					Gaszusammensetzung
					[Vol-%] CH ₄ 53,3
					[Vol-%] CO ₂ 46,6
					[Vol-%] O ₂ 0,0
					[ppm] H ₂ S 95
					Mittlere Gasausbeuten Einsatzstoffmix
					Biogas Methan
					[m³/ t] in FM 214 114
					[m³/t] in oTS 826 441
					Biogasaufbereitung
					[kWh/d] 129.543
					[m³/h] 488
GO - Gas-Otto-Motor; ZS - Zündstrahl-Motor; BG - Biogas					
Eigenstrombedarf:				Wärmeverwertung:	
	[kWh/a]				[kWh/a]
BGA gesamt	2.765.264	Eigenbedarf BGA		607.996	
davon Biogasproduktion	734.511				
davon Biogasaufbereitung	2.030.753				

Tabelle 15-98: Ökonomisches Datenblatt für die Biogasanlage 35 im Jahr 2017

BGA 35				
installierte elektrische Leistung	-	kW	eingespeiste Strommenge 2017 ¹	17.038.601 kWh
elektrische Höchstbemessungsleistung	-	kW	Gesamtinvestitionsvolumen	10.719.584 €
Leistungen				
Stromerlöse (exklusive KWK-Bonus)	0,00	%	-	€/a
Wärmeerlöse (inklusive KWK-Bonus)	0,00	%	-	€/a
Sonstige Erlöse (Biomethan) ²	100,00	%	3.712.209	€/a
Gesamterlöse	100	%	3.712.209	€/a
Kosten				
Substratkosten	41,23	%	1.523.394	€/a
<i>davon Kosten für NawaRo</i>				
Mais	34,28	€/t	1.454.923	€/a
Gras	25	€/t	1.454.923	€/a
Restliche NawaRo	36,77	€/t	597.030	€/a
Personalkosten	3,70	%	136.750	€/a
Instandhaltungskosten	4,66	%	172.323	€/a
Abschreibungen	19,52	%	721.283	€/a
Sonstige Betriebskosten ³	30,88	%	1.141.035	€/a
<i>davon</i>				
Zündöl			-	€/a
Strombezug			457.944	€/a
Miete und Pacht			12.217	€/a
Maschinenmiete und Leasing			23.295	€/a
Prozessbetreuung und Beratung			14.619	€/a
Versicherungen, Beiträge und Abgaben			24.957	€/a
Berufsgenossenschaft			-	€/a
Sonst. Schmierstoffe und Betriebsmittel			58.238	€/a
Zinszahlungen			290.781	€/a
Buchführung und Verwaltung			-	€/a
Sonstiges			215.387	€/a
Gesamtkosten	100	%	3.694.784	€/a
Bilanz				
Gesamterlöse			21,79	ct/kWh
Stromgestehungskosten			21,68	ct/kWh
Betriebszweigergebnis			0,10	ct/kWh
Betriebszweigergebnis			17.424	€/a

¹ rechnerisch ermittelter Wert aus dem Verkauf von 4.309.783 m³ Biomethan² Zusammensetzung: 3.305.019,95 €/a Verkauf Biomethan, ca. 325.000 €/a vermiedene Netzentgelte sowie ca. 79.000 €/a Weiteres³ Summe beinhaltet zusätzlich die Kosten der Gärrestverbringung i.H.v. 43.596 €/a

15.35 Biogasanlage 36

15.35.1 Anlagenbeschreibung

Die Biogasanlage 36 hat ihren Standort in Norddeutschland. Es handelt sich um eine Biogasanlage mit angeschlossenem land- und forstwirtschaftlichen Betrieb. Die Inbetriebnahme erfolgte im Sommer 2007. Die einstufige Anlage besteht aus einem Fermenter und einem Gärrestlager.

Die festen Substrate gelangen über einen Feststoffeintrag per Stopfschnecke in den Fermenter. Im Fermenter erfolgt die Durchmischung der Substrate mit dem Gärgemisch mit vier Tauchmotor-Propellerrührwerken. Anschließend gelangt das Gärgemisch durch eine zentrale Pumpe in das Gärrestlager, welches über das Jahr variabel gefüllt ist. Im Gärrestlager sind zwei Tauchmotor-Propellerrührwerke installiert. Das Gärgemisch aus dem Gärrestlager wird zum Teil direkt auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht. Der andere Teil wird zu einem Pressschneckenseparator gepumpt. Die separierten Feststoffe werden auf der Siloplatte gelagert und gesondert ausgebracht. Die Flüssigkeit aus dem Separator wird in einer Vorgrube zwischengelagert und zusammen mit Sickersaft von den Fahrsilos wieder dem Fermenter zugeführt. Aufgrund der angesetzten Bilanzgrenze für die Bewertung des Gärprozesses wird die Mischung aus Silosickersaft und flüssigen separiertem Gärrest aus der Vorgrube als Substrat geführt.

Das produzierte Biogas wird in Fermenter und Gärrestlager im zusammen 4.040 m³ großen Gasspeicher biologisch entschwefelt und zwischengespeichert. Anschließend erfolgt noch eine Feinent Schwefelung mit Aktivkohle. Der Aktivkohle nachgeschaltet befindet sich ein Gasmessgerät zur Analyse der Konzentrationen von Methan, Sauerstoff und Schwefelwasserstoff.

Die Verwertung des Biogases erfolgt in zwei BHKW mit einer elektrischen Gesamtleistung von 697 kW. Das größere der beiden BHKW soll Strom im Grundlastbetrieb erzeugen, wohingegen das kleinere BHKW zur flexiblen Stromproduktion eingesetzt wird und die Gasverwertung übernimmt, wenn das große BHKW gewartet wird. Der produzierte Strom wird vollständig in das öffentliche Netz eingespeist. Die produzierte Wärme wird in ein Nahwärmenetz eingespeist, welches Privathaushalte, einen Gutshof und eine Trocknungsanlage für Holz versorgt. Außerdem wird der Fermenter mit Wärme versorgt (vgl. Abbildung 15-150).

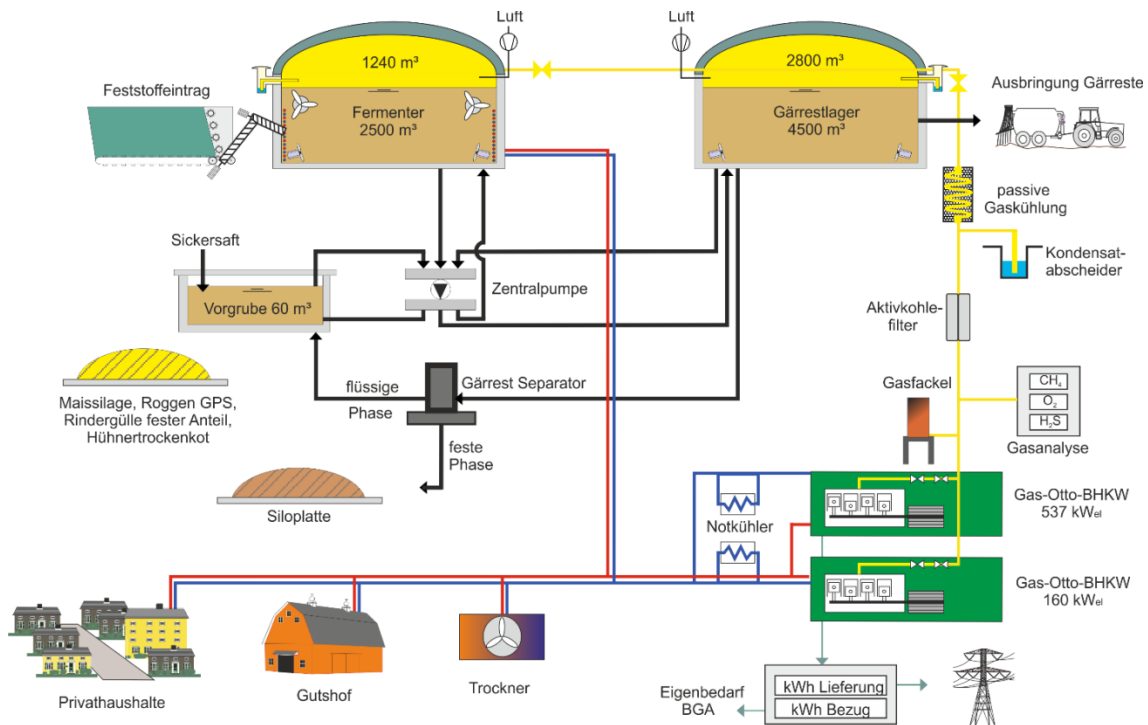


Abbildung 15-150: Anlagenschema der BGA 36

15.35.2 Möglichkeiten zur Beurteilung des Betriebs

Die messtechnische Ausstattung der BGA ist in Tabelle 15-99 aufgelistet. Die festen Einsatzstoffe werden bei der Einbringung mittels Waage am Feststoffeintrag gewogen. Jährlich wird eine Kontrollwiegung zur Bestimmung der Messabweichung der Waage durchgeführt. Die flüssigen Einsatzstoffe werden über einen Durchflusszähler erfasst.

Die Beurteilung des Gasertrages wird anhand der produzierten Strommenge der BHKW durchgeführt. Die Gärrestmenge wird aus Einsatzstoffmenge und produziertem Biogas errechnet. Der Eigenverbrauch an Wärme zur Beheizung der Fermenter wird nicht erfasst. Die abgesetzte Wärmemenge wird nur jährlich erfasst und für die Monate der Messphase interpoliert.

Tabelle 15-99: Übersicht der vorhandenen Messtechnik der BGA 36

Zu erfassende Kenngröße	Art der Erfassung	Anmerkung
Feste Einsatzstoffe	Waage an Radladerschaufel	Tägliche, manuelle Erfassung im digitalen Betriebstagebuch, jährliche Vergleichswiegung zur Kalibrierung
Flüssige Einsatzstoffe	Durchflussmengen-zähler an zentraler Pumpe	Tägliche, automatische Erfassung im digitalen Betriebstagebuch
Gärrestmenge	Keine Erfassung	Wird über Massenbilanz errechnet
Gasqualität	Gasanalysegerät CH ₄ , O ₂ , H ₂ S	Tägliche, automatische Erfassung im digitalen Betriebstagebuch
Gaszähler	Kein Gasmengen-zähler vorhanden	Gasmenge wird über Stromproduktion errechnet
Stromzähler	Zähler je BHKW und am gemeinsamen Einspeisetransformator	Tägliche Ablesung an BHKW Monatliche Ablesung am Trafo
Eigenstromverbrauch	Zähler für Stromverbrauch der BGA	Monatliche Ablesung
Eigenwärmeverbrauch	Wird nicht gemessen	
Wärmeverbrauch externer Nutzer	Wärmemengen-zähler bei Abnehmern aus Nahwärmenetz	Jährliche Ablesung

Für die Beurteilung des Prozesses im Rahmen des Messprogramms wurden alle Analysen gemäß Kapitel 3.2.3 durchgeführt. Einmalig, im April 2018 erfolgte die Bestimmung des Restgaspotentials vom Gärrest sowie die Messung des Biogas- und Methanpotentials der Substrate. Zum gleichen Termin wurde einmalig der Gehalt an Gesamtstickstoff im Gärrest ermittelt.

15.35.3 Anlagenbetrieb während des Messzeitraumes

Die Biogasanlage 36 wurde im Zeitraum von August 2017 bis Juli 2018 messtechnisch begleitet. In diesem Zeitraum wurde durchgehend Mais-Ganzpflanzensilage, Hühnertrockenkot und der feste Anteil von separierter Rindergülle eingesetzt. Zusätzlich wurde die beschriebene Mischung aus Silosickerwasser und flüssigem separiertem Gärrest als Substrat zugegeben. Von August bis November 2017 wurde Roggen-Ganzpflanzensilage eingesetzt (vgl. Abbildung 15-151).

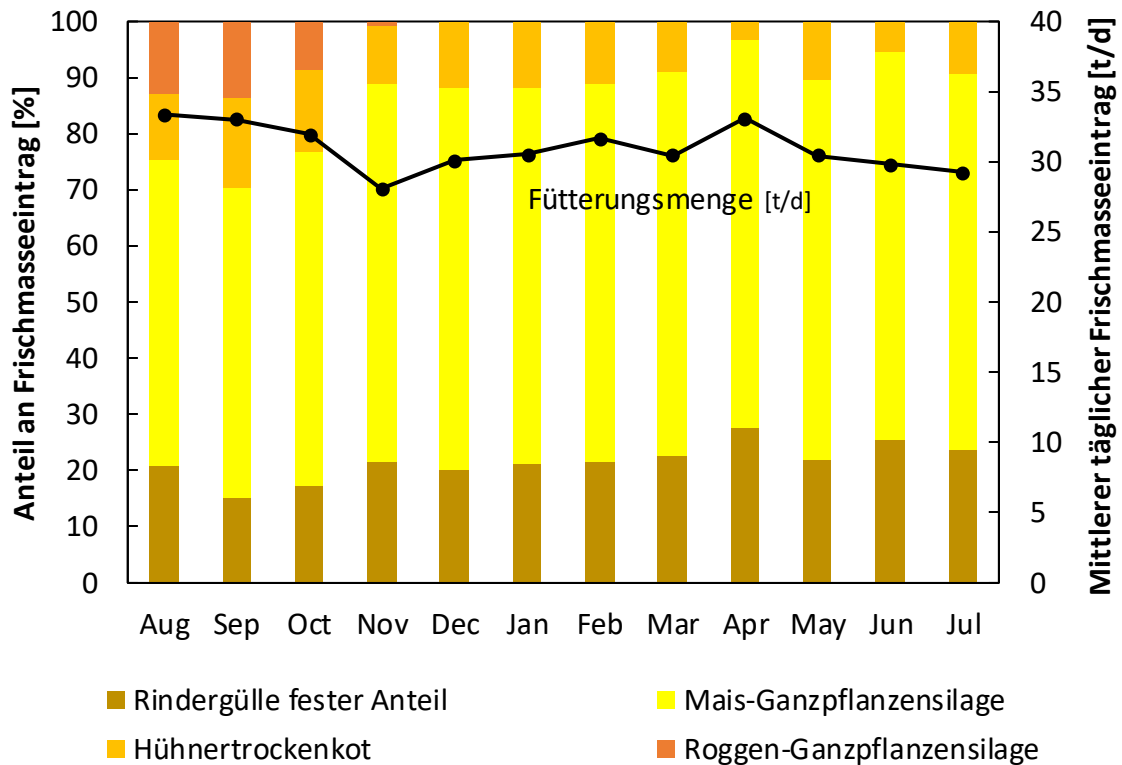


Abbildung 15-151: Zeitlicher Verlauf der Substratzusammensetzung und der zugeführten Substratmenge der BGA 36

Die Anlage lief im Betrachtungszeitraum sehr gleichmäßig, größere Betriebsstörungen traten nicht auf (vgl. Abbildung 15-152). Am 24. Oktober 2017 wurde für den Wechsel eines Tauchmotor-Rührwerks das Gasspeicherdach des Gärrestlagers abgenommen. Dadurch kam es an diesem Behälter einen Tag lang zu Gasverlust.

Die Auslastung der beiden BHKW ist recht unterschiedlich. Das kleine BHKW lief im Messzeitraum deutlich weniger Betriebsstunden als das große. Im Jahresdurchschnitt wurden 74 % der Höchstbemessungsleistung ausgelastet. Die Höchstbemessungsleistung ist nach Aussage des Betreibers gleich groß wie die elektrische Maximalleistung.

Die monatliche thermische Auslastung kann nicht gezeigt werden, weil die Wärmemengenzähler nur jährlich abgelesen werden. Von der im Messzeitraum produzierten Wärme wurden etwa 53 % durch Abnehmer des Nahwärmenetzes genutzt (vgl. Abbildung 15-153).

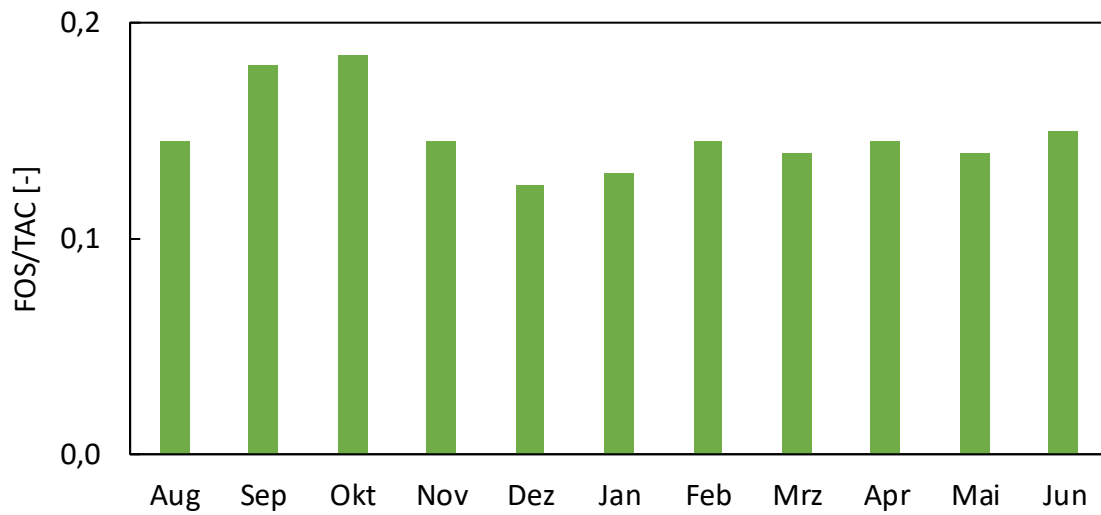


Abbildung 15-152: Zeitlicher Verlauf des FOS/TAC im Fermenter der BGA 36

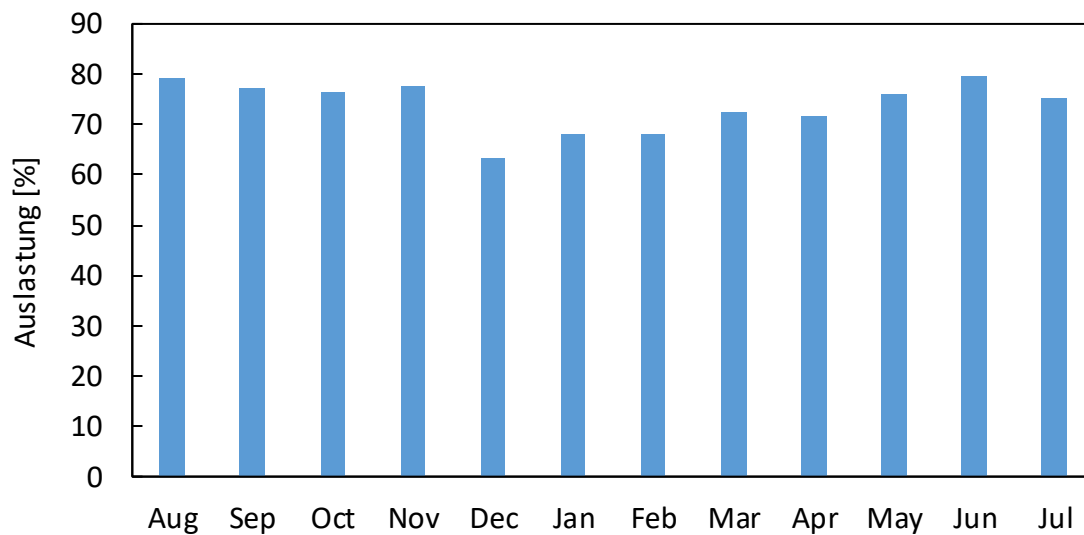


Abbildung 15-153: Elektrische Auslastung bezogen auf die Höchstbemessungsleistung der BGA 36

15.36 Biogasanlage 37

15.36.1 Anlagenbeschreibung

Die Biogasanlage 37 hat ihren Standort in Norddeutschland. Es handelt sich um eine Gemeinschaftsanlage dreier Landwirte mit angeschlossenen landwirtschaftlichen Betrieben. Die Inbetriebnahme erfolgte im Herbst 2007. Die zweistufige Biogasanlage besteht aus zwei parallel betriebenen Fermentern mit nachfolgendem Nachgärer und Gärrestlager.

Die festen Substrate gelangen per Feststoffeintrag und Stopfschnecke in die Fermenter. Jeder Fermenter hat seinen eigenen Feststoffeintrag. An beiden Fermentern werden die festen Substrate an den Stopfschnecken mit Gärgemisch aus dem Fermenter per Umlaufleitung vorvermischt. In Fermenter 1 sind drei Tauchmotor-Propellerrührwerke zur Homogenisierung des Gärgemischs vorhanden, in Fermenter 2 derer vier. Das Gärgemisch aus beiden Fermentern wird anschließend mit einer zentralen Pumpe in den Nachgärer gefördert. Dort sind, wie auch im Gärrestlager, zwei Tauchmotor-Propellerrührwerke installiert. Das Gärgemisch aus dem Nachgärer wird zum Teil mit der zentralen Pumpe in die Fermenter zurückgeführt. Der andere Teil verlässt wiederum per zentraler Pumpe den Nachgärer in Richtung Gärrestlager. Wenn das Gärrestlager voll ist, steht noch eine offene Lagune zur Lagerung von Gärresten bereit. Die Ausbringung der Gärreste erfolgt sowohl aus der Lagune, als auch aus dem gasdichten Gärrestlager. Das Gärrestlager weist folglich einen variablen Füllstand auf, wohingegen die Fermenter und der Nachgärer konstant gefüllt sind. Die Fermenter und der Nachgärer sind beheizt. In den Sommermonaten werden die Heizkreise jedoch zur Kühlung des Gärgemischs eingesetzt, da selbst ohne Beheizung die Temperatur in den Gärbehältern im Sommer ansteigt. Zur Kühlung wird ein mit Außenluft gekühlter Wärmetauscher verwendet.

Das produzierte Biogas wird in allen Behältern im zusammen 7.000 m³ großen Gasspeicher biologisch entschwefelt und zwischengespeichert. Anschließend erfolgt noch eine Feinentschwefelung mittels Aktivkohle.

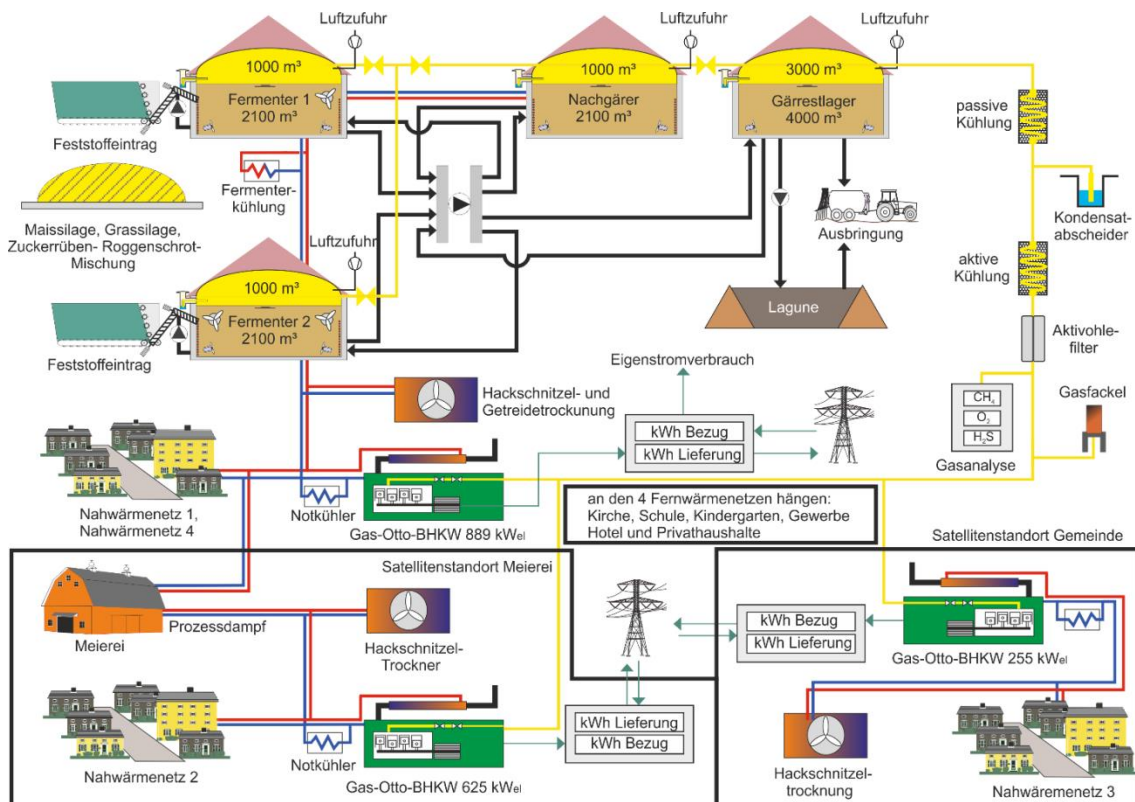


Abbildung 15-154: Anlagenschema der BGA 37

Die Verwertung des Biogases erfolgt in drei BHKW. Der produzierte Strom wird vollständig in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Das BHKW 1 mit 889 kW elektrischer Leistung steht am Standort der Biogasanlage. Die hier produzierte Wärme wird zur Beheizung der Gärbehälter, eines Trockners für Holzhackschnitzel und Getreide und zur Beheizung zweier Nahwärmenetze verwendet. Das BHKW 2 mit 625 kW elektrischer Leistung wurde später dazu gebaut und steht an einem Satellitenstandort bei einer Meierei. Die dort produzierte Wärme wird teilweise in Form von Prozessdampf in der Meierei verwendet. Die Meierei ist außerdem auch an das Nahwärmenetz des BHKW 1 angeschlossen und erhält von diesen Aggregat Wärme auf geringerem Temperaturniveau als vom Prozessdampf. Die Restwärme des BHKW 2 wird in ein weiteres Nahwärmenetz eingespeist und in einem weiteren Trockner für Holzhackschnitzel verwendet. Das BHKW 3 mit einer elektrischen Leistung von 255 kW steht an einem weiteren Satellitenstandort bei einer Schule. Die Wärme wird in ein Nahwärmenetz eingespeist. Die Restwärme wird in einem dritten Trockner für Holzhackschnitzel verwendet. An den Wärmenetzen der drei BHKW hängen verschiedene Einrichtungen der Gemeinde wie eine Schule, Kirche, Kindergarten sowie Gewerbebetriebe und Privathaushalte (vgl. Abbildung 15-154).

15.36.2 Möglichkeiten zur Beurteilung des Betriebs

Die messtechnische Ausstattung der BGA 37 ist in Tabelle 15-101 aufgelistet. Die festen Einsatzstoffe werden bei der Einbringung mittels Waage am Feststoffeintrag gewogen.

Die Beurteilung des Gasertrages wird anhand der produzierten Strommenge des BHKW durchgeführt. Die Gärrestmenge wird aus Einsatzstoffmenge und produziertem Biogas errechnet. Der Eigenverbrauch an Wärme zur Beheizung der Gärbehälter wird erfasst. Die in Nahwärmenetze eingespeiste Wärme wird monatlich erfasst. Durchleitungsverluste in den Wärmenetzen werden als Nutzwärme miterfasst.

Tabelle 15-101: Übersicht der vorhandenen Messtechnik der BGA 37

Zu erfassende Kenngröße	Art der Erfassung	Anmerkung
Feste Einsatzstoffe	Feststoffeinträge auf Wiegezellen, Wiegung der Einzelkomponenten	Tägliche Erfassung, automatische Speicherung im Betriebstagebuch
Gärrestmenge	Keine Erfassung	
Gasqualität	Gasanalysegerät für CH ₄ , H ₂ S, O ₂ vor BHKW	Tägliche Erfassung, automatische Speicherung im Betriebstagebuch
Gaszähler	Gasmengenzähler am BHKW 3, BHKW 1 und 2 ohne Messeinrichtung	keine Umrechnung auf Normbedingungen, keine Erfassung der Gesamtmenge, Gasmenge wird über Stromproduktion errechnet
Stromzähler	Zähler an allen BHKW und allen Einspeisetransformatoren	Tägliche, automatische Erfassung am BHKW 1 und 2, monatliche Ablesung an Trafos und BHKW 3
Eigenstromverbrauch	Zähler zur Erfassung des Stromverbrauchs der Anlage und der BHKW	Monatliche Ablesung, manueller Übertrag ins Betriebstagebuch
Eigenwärmeverbrauch	Wärmemengenzähler am Heizkreis der Gärbehälter	Monatliche Ablesung, manueller Übertrag ins Betriebstagebuch
Extern abgesetzte Wärmemenge	Wärmemengenzähler an allen Einspeisepunkten der Wärmenetze, sowie an Trocknern, Meierei, Gastrocknung	Monatliche Ablesung, manueller Übertrag ins Betriebstagebuch, Wärmeverlust der Wärmenetze wird als Nutzwärme miterfasst

Um den biologischen Prozess beurteilen zu können, werden vom Anlagenbetreiber alle zwei Monate FOS/TAC, pH-Wert und das Säurespektrum vom Gärgemisch in beiden Fermentern bestimmt.

Für die Beurteilung im Rahmen des Messprogramms wurden alle Analysen gemäß Kapitel 3.2.3 durchgeführt. Im Januar 2018 erfolgte die Bestimmung des Restgaspotentials vom Gärrest, sowie die Messung des Biogas- und Methanpotentials der Substrate. Zum gleichen Termin wurde einmalig der Gehalt an Gesamtstickstoff im flüssigen Gärrest ermittelt.

15.36.3 Anlagenbetrieb während des Messzeitraumes

Die Biogasanlage 37 wurde im Zeitraum von August 2017 bis Juli 2018 messtechnisch begleitet. In diesem Zeitraum wurde durchgehend Maissilage eingesetzt. Von August 2017 bis Februar 2018 und wieder im Juli 2018 wurde zusätzlich Kleegrassilage eingesetzt.

Von August bis Oktober 2017 wurde zusätzlich eine Mischung aus ca. ein Drittel Roggenschrot und zwei Dritteln gebröckelter Zuckerrübe eingesetzt. Diese Substrate wurden gemeinsam eingelagert, damit das Roggenschrot die Sickersäfte der Zuckerrübe binden kann. Problematisch mit dieser Mischung war, dass der eingelagerte Haufen samt Abdeckplane auf der Siloplatte auseinanderlutschte (vgl. Abbildung 15-155). Außerdem bildete die Mischung Klumpen, welche von den Stopfschnecken der Feststoffeinträge nicht aufgebrochen wurden und somit unverändert in die Fermenter gelangten. Als Gegenmaßnahme wurde die Zuckerrüben-Schrot-Mischung vor dem Einfüllen in den Feststoffeintrag mit einem Futtermischwagen mit Maissilage vorvermischt und dann den Feststoffeinträgen zugeführt. In der folgenden Saison wurde dann eine Mischung aus 40 % Maissilage, 40 % Zuckerrüben und 20 % Getreideschrot zusammen siliert. Diese Mischung wurde im Messzeitraum von Januar bis Juni 2018 ohne Probleme eingesetzt (vgl. Abbildung 15-156).

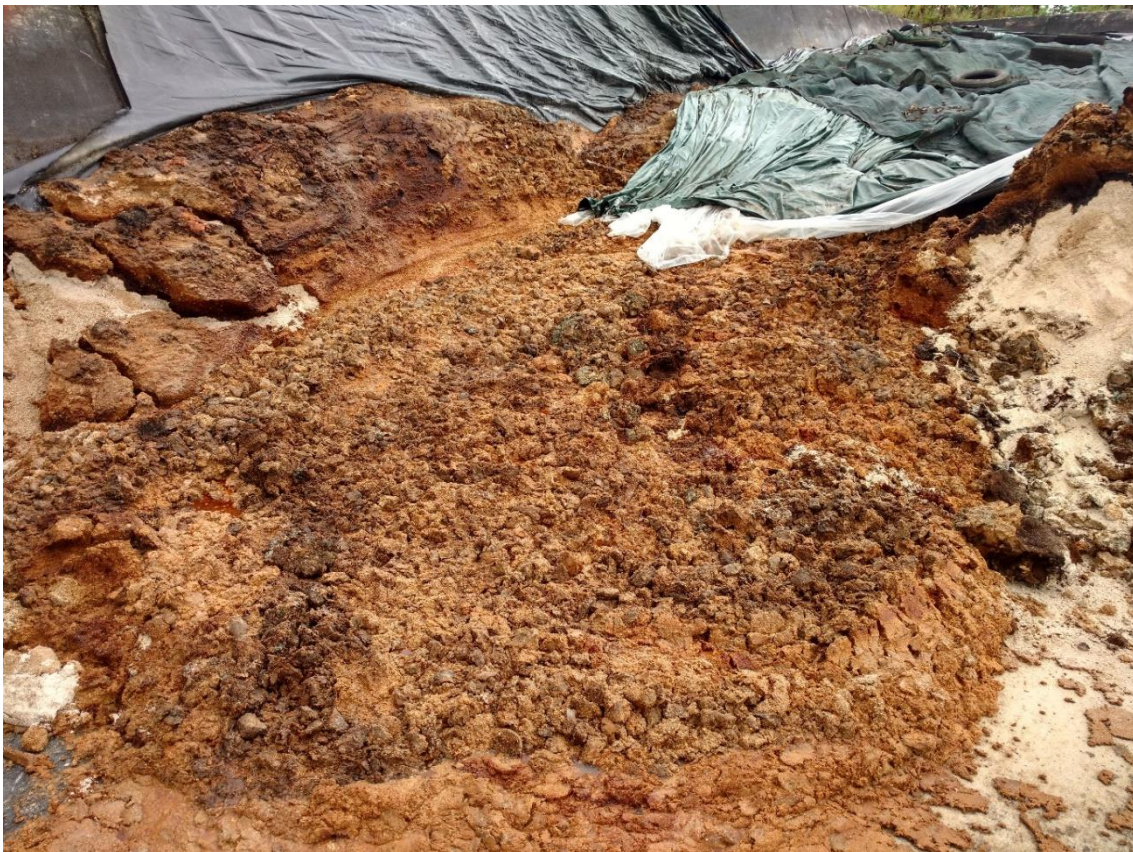


Abbildung 15-155: Lagerung einer Zuckerrüben-Getreideschrot-Mischung bei der BGA 37. Fehlendes Strukturmaterial führte zum Auseinanderrutschen des Haufens.

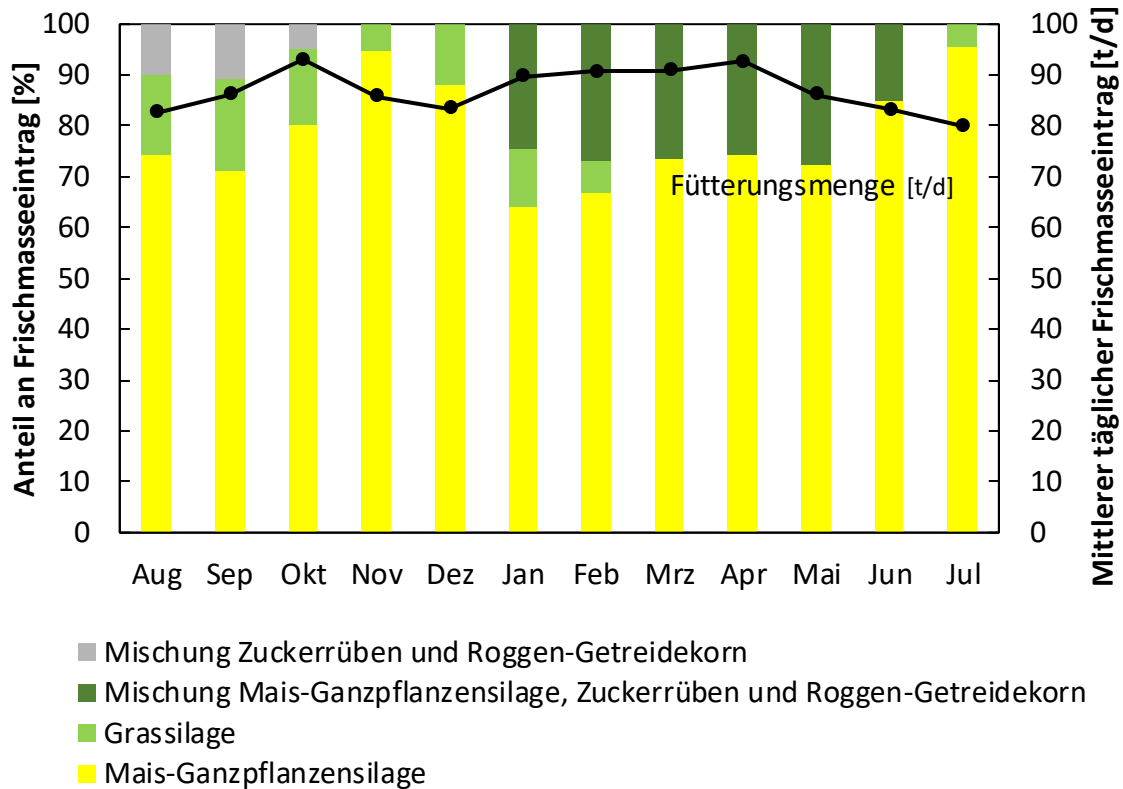


Abbildung 15-156: Zeitlicher Verlauf der Substratzusammensetzung und der zugeführten Substratmenge der BGA 37

Die Anlage lief im Betrachtungszeitraum sehr gleichmäßig, Betriebsstörungen traten nicht auf. Der Gärprozess lief stets stabil, was an den gleichbleibend niedrigen FOS/TAC-Werten beider Fermenter zu erkennen ist (vgl. Abbildung 15-157). Die Raumbelastung des Fermentersystems war mit $4,3 \text{ kg}_{\text{OTS}}/(\text{m}^3 \text{ d})$ relativ hoch, die Verweilzeit mit 72 d im mittleren Bereich. Die Anlage erreichte sehr gute Gasausbeuten und ein sehr geringes relatives Restmethanpotential von 2 % (vgl. Tabelle 15-102).

Die Gasverwertung war ebenfalls sehr gleichmäßig über den gesamten Messzeitraum. Im Jahresdurchschnitt wurden die BHKW mit 100 % der Höchstbemessungsleistung elektrisch ausgelastet. Die thermische Auslastung durch Fremdnutzer zeigte saisonale Schwankungen mit leicht höheren Werten in den Wintermonaten. Die durchschnittliche thermische Auslastung im Messzeitraum lag bei 87 %, die Ausnutzung der produzierten Wärme durch Fremdnutzer bei 89 %. Weitere 2 % der produzierten Wärme wurden zur Beheizung der Gärbehälter genutzt, sodass fast die gesamte produzierte Wärme im Jahresverlauf genutzt wird. Diese sehr gute Wärmeausnutzung wird durch die Struktur der Wärmenutzer erreicht. Die saisonale Schwankung im Wärmebedarf der Gebäudeheizung wird mit den Trocknungsanlagen ausgeglichen. Hinzu kommt die Grundlast der industriellen Nutzung durch die Meierei (vgl. Abbildung 15-158).

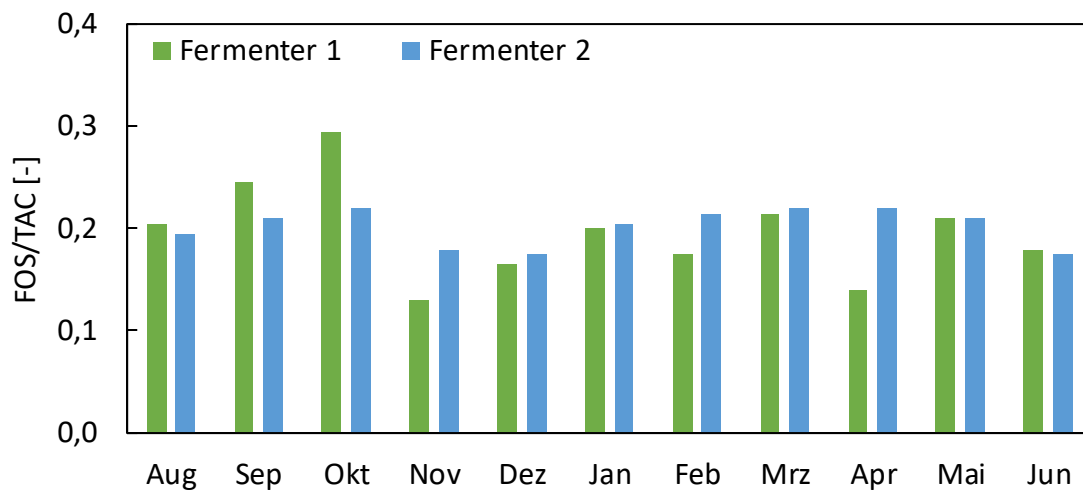


Abbildung 15-157: Zeitlicher Verlauf des FOS/TAC in den Fermentern der BGA 37

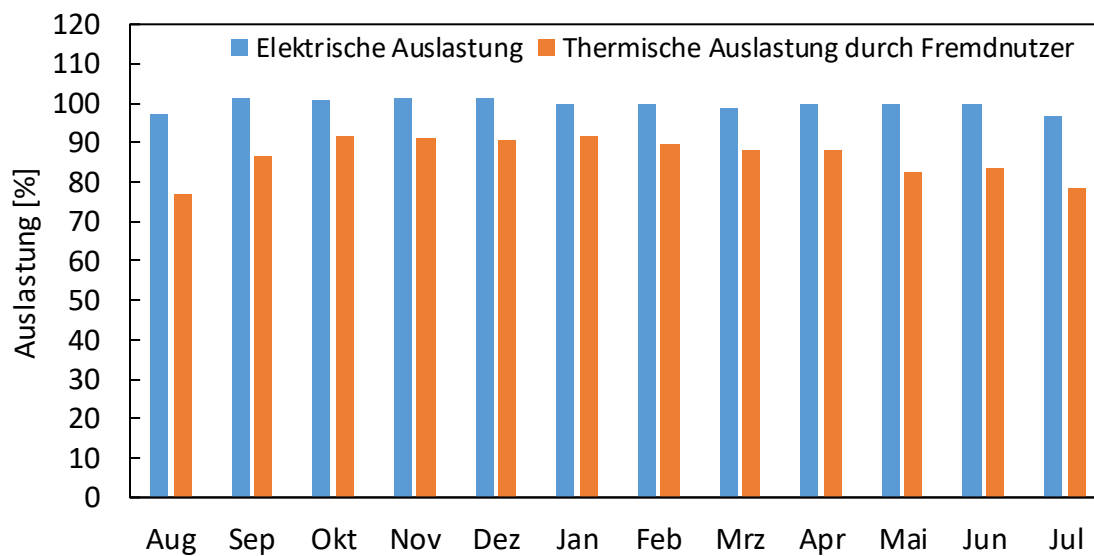


Abbildung 15-158: Elektrische Auslastung bezogen auf die Höchstbemessungsleistung und thermische Auslastung der BGA 37

Tabelle 15-102: Datenblatt der Biogasanlage 37

BGA 37									
Allgemeine Angaben:									
installierte elektrische Leistung	1.768 kW								
Inbetriebnahme	12.2007								
Zeitraum der Messphase	08.2017 - 07.2018								
Einsatzstoffe	NawaRo								
Gasverwertung	1 VOV-BHKW, 2 Satelliten-BHKW								
Erhalt Flexibilitätsprämie	nein								
Betriebsform	Gemeinschaftsanlage mit 3 Betreibenden, angeschlossene landwirtschaftliche Betriebe mit Tierhaltung und Ackerbau								
Bauliche Anlagen:									
Benennung		Fermenter 1	Fermenter 2	Nachgärer	Fermentersystem	Einsatzstoffe:			
Anzahl		1	1	1		Mengenangaben in FM			
Reaktorvolumen	[m³]	2.300	2.300	2.300	6.900	Gesamt-Jahresmenge	31.766	[t/a]	
Arbeitsvolumen	[m³]	2.100	2.100	2.100	6.300	Gesamt-Tagesmenge	87,0	[t/d]	
stehend / liegend	[-]	stehend	stehend	stehend		Grassilage	7,4	[%]	
Gasspeichervolumen	[m³]	1.000	1.000	1.000	3.000	Mais-Ganzpflanzensilage	78,1	[%]	
						Mais+Zuckerrübe+Roggenschrot	12,4	[%]	
						Zuckerrüben + Roggenschrot	2,1	[%]	
Betriebsparameter:									
TS-Gehalt in FM	[%]	10,0	9,7			Einsatzstoffmix			
oTS-Gehalt in TS	[%]	81,9	81,4			mittlerer TS-Gehalt in FM	33,9	[%]	
organische Raumbelastung in oTS	[kg/(m³ d)]				4,3 _{FS}	mittlerer oTS-Gehalt in TS	96,0	[%]	
Verweilzeit	[d]				72 _{FS}	mittlerer FoTS-Gehalt in TS	82,4	[%]	
oTS-Abbau	[%]				89 _{GSV}				
FoTS-Ausbeute	[%]				110 _{GSV}				
CH ₄ -Produktivität	[m³ / (m³ d)]				1,8 _{FS}				
BG-Produktivität	[m³ / (m³ d)]				3,4 _{FS}				
pH	[-]	7,8	7,7			Gärrestlager:			
Temperatur	[°C]	43	45	41		Anzahl	1		
NH ₄ -N in FM	[g/kg]	2,1	2,1			Lagerkapazität gasdicht	4.000	[m³]	
N _{ges} -N in FM	[g/kg]	5,1	5,0			Lagerkap. nicht gasdicht / offen	0	[m³]	
Essigsäureäquivalent in FM	[mg/l]	360	171			Gaspeichervolumen	4.000	[m³]	
FOS/TAC	[-]	0,20	0,20			relatives Restmethanpotential	1,9	[%]	
						TS-Gehalt im Gärrest in FM	6,5	[%]	
						oTS-Gehalt im Gärrest in TS	74,9	[%]	
Gasverwertung:									
Netto-Methannutzungsgrad	[%]	69				Gasproduktion:			
						Messung	nach AKF		
		BHKW 1	BHKW 2	BHKW 3		Gaszusammensetzung			
Motortyp		GO	GO	GO		[Vol-%]	CH ₄	52,5	
elektr. Nennleistung	[kW]	889	624	255		[Vol-%]	CO ₂	-	
therm. Nennleistung	[kW]	875	714	280		[Vol-%]	O ₂	0,3	
elektr. Wirkungsgrad	[%]	42,0	39,9	38,8		[ppm]	H ₂ S	2	
therm. Wirkungsgrad	[%]	41,4	45,7	42,2		Mittlere Gasausbeuten Einsatzstoffmix			
Betriebsweise BHKW	[-]	Volllast	Volllast	Volllast		[m³/ t] in FM	Biogas	129	Methan
Jahresbetriebsstunden	[h/a]	8.743	8.641			[m³/t] in oTS	793	416	
theor. Volllaststunden	[h/a]	8.463	8.632	8.689					
elektr. Arbeitsausnutzung	[%]	97	99	99		Stromproduktion			
						[kWh/d]	40.944		
						[kWh/t]	470		
GO - Gas-Otto-Motor; ZS - Zündstrahl-Motor; BG - Biogas									
Eigenstrombedarf:									
	[kWh/a]					Wärmeverwertung:			
BGA gesamt	893.160	6	[% der Stromproduktion]		Eigenbedarf BGA	400.000	2	[% der Wärmeproduktion]	
					Prozessdampf Meierei	2.874.831	18	[% der Wärmeproduktion]	
					Wärme Meierei	878.000	5	[% der Wärmeproduktion]	
					Trockner Holzhackschnitzel	4.134.000	26	[% der Wärmeproduktion]	
					übrige Abnehmer Wärmenetz 1-4	6.281.000	48	[% der Wärmeproduktion]	

Tabelle 15-103: Ökonomisches Datenblatt für die Biogasanlage 37 im Jahr 2017

BGA 37					
installierte elektrische Leistung	1.768	kW	eingespeiste Strommenge 2017	14.721.238	kWh
elektrische Höchstbemessungsleistung	1.711	kW	Gesamtinvestitionsvolumen	5.533.029	€
Leistungen					
Stromerlöse (exklusive KWK-Bonus)	84,78	%		2.719.114	€/a
Wärmeerlöse (inklusive KWK-Bonus)	15,20	%		487.616	€/a
Sonstige Erlöse	0,01	%		349	€/a
Gesamterlöse	100	%		3.207.079	€/a
Kosten					
Substratkosten ¹	49,03	%		1.305.581	€/a
<i>davon Kosten für NawaRo</i>					
Mais	-	€/t		-	€/a
Gras	-	€/t		-	€/a
Restliche NawaRo	-	€/t		-	€/a
Personalkosten	6,09	%		162.112	€/a
Instandhaltungskosten	13,10	%		348.802	€/a
Abschreibungen	15,71	%		418.413	€/a
Sonstige Betriebskosten ²	16,07	%		428.011	€/a
<i>davon</i>					
Zündöl				-	€/a
Strombezug				179.039	€/a
Miete und Pacht				-	€/a
Maschinenmiete und Leasing				17.982	€/a
Prozessbetreuung und Beratung				11.162	€/a
Versicherungen, Beiträge und Abgaben				66.344	€/a
Berufsgenossenschaft				1.349	€/a
Sonst. Schmierstoffe und Betriebsmittel				28.447	€/a
Buchführung und Verwaltung				22.521	€/a
Zinszahlungen				61.340	€/a
Sonstiges				19.870	€/a
Gesamtkosten	100	%		2.662.919	€/a
Bilanz					
Gesamterlöse				21,79	ct/kWh
Stromgestehungskosten				18,09	ct/kWh
Betriebszweigergebnis				3,70	ct/kWh
Betriebszweigergebnis				544.160	€/a

¹ keine Differenzierung nach einzelnen Substratchargen möglich² beinhaltet zusätzlich die Kosten der Gärrestverbringung i.H.v. 19.957 €/a

15.37 Biogasanlage 38

15.37.1 Anlagenbeschreibung

Die Biogasanlage 38 hat ihren Standort in Norddeutschland. Es handelt sich um eine Anlage mit angeschlossenem landwirtschaftlichen Betrieb mit Ackerbau. Die Inbetriebnahme erfolgte im Herbst 2007. Die zweistufige Anlage besteht aus Fermenter und Nachgärer. Das angeschlossene Gärrestlager ist nicht gasdicht abgedeckt und zählt daher nicht zum Gärsystem.

Es werden ausschließlich feste Einsatzstoffe eingesetzt. Diese gelangen über einen Feststoffeintrag per Förderband und Stopfschnecke in den Fermenter. In der Stopfschnecke werden die Feststoffe mit Flüssigkeit vom separiertem Gärrest vorvermischt. Im Fermenter sind zwei Tauchmotor-Propellerrührwerke und ein Schrägachs-Propellerrührwerk zum Homogenisieren des Gärgemischs installiert. Das Gärgemisch wird vom Fermenter in den Nachgärer mit einer zentral installierten Pumpe gefördert. Der Nachgärer verfügt über zwei Tauchmotor-Propellerrührwerke. Das Gärgemisch verlässt den Nachgärer per Überlauf in das Gärrestlager. Ein Teil des Gärrests aus dem Nachgärer wird mit einem Pressschneckenseparator in Feststoff und Flüssigkeit getrennt. Die Flüssigkeit wird in einem 5 m³ großen Tank zwischengespeichert und wieder dem Fermenter zugeführt. Der Feststoff des separierten Gärrests landet auf der Siloplatte und wird als Dünger ausgebracht. Ebenso wird nicht separierter Gärrest aus dem offenen Gärrestlager auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht. Das Gärrestlager verfügt über drei Tauchmotor-Propellerrührwerke zum Homogenisieren des Gärrests. Direkt nach der Messphase wurde das Gärrestlager gasdicht abgedeckt und der neue Gasspeicher mit an das gasführende System angeschlossen, um das Restgaspotential im Gärrest nutzen zu können.

Das produzierte Biogas wird in Fermenter und Nachgärer im zusammen 1.380 m³ großen Gasspeicher biologisch entschwefelt und zwischengespeichert. Anschließend erfolgt noch eine Feinent Schwefelung mittels Aktivkohle.

Die Verwertung des Biogases erfolgt in zwei BHKW. Der produzierte Strom wird vollständig in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Das BHKW 1 am Anlagenstandort ist von 716 kW Nennleistung auf 573 kW elektrische Leistung gedrosselt. Eine Drosselung der thermischen Leistung ist im Datenblatt nicht vermerkt – es ist jedoch davon auszugehen, dass auch die thermische Leistung in annähernd gleichem Maß reduziert ist. Die hier produzierte Wärme wird zur Beheizung der Gärbehälter und eines Nahwärmenetzes genutzt. Am Nahwärmenetz sind Privathaushalte, ein landwirtschaftlicher Hof und eine Trocknungsanlage für Holz und Getreide angeschlossen. Das BHKW 2 mit 400 kW elektrischer Leistung steht an einem Satellitenstandort und ist mit einer ca. 750 m langen Rohbiogasleitung angebunden. Die dort produzierte Wärme wird an das Fernwärmenetz der örtlichen Stadtwerke abgegeben (vgl. Abbildung 15-159).

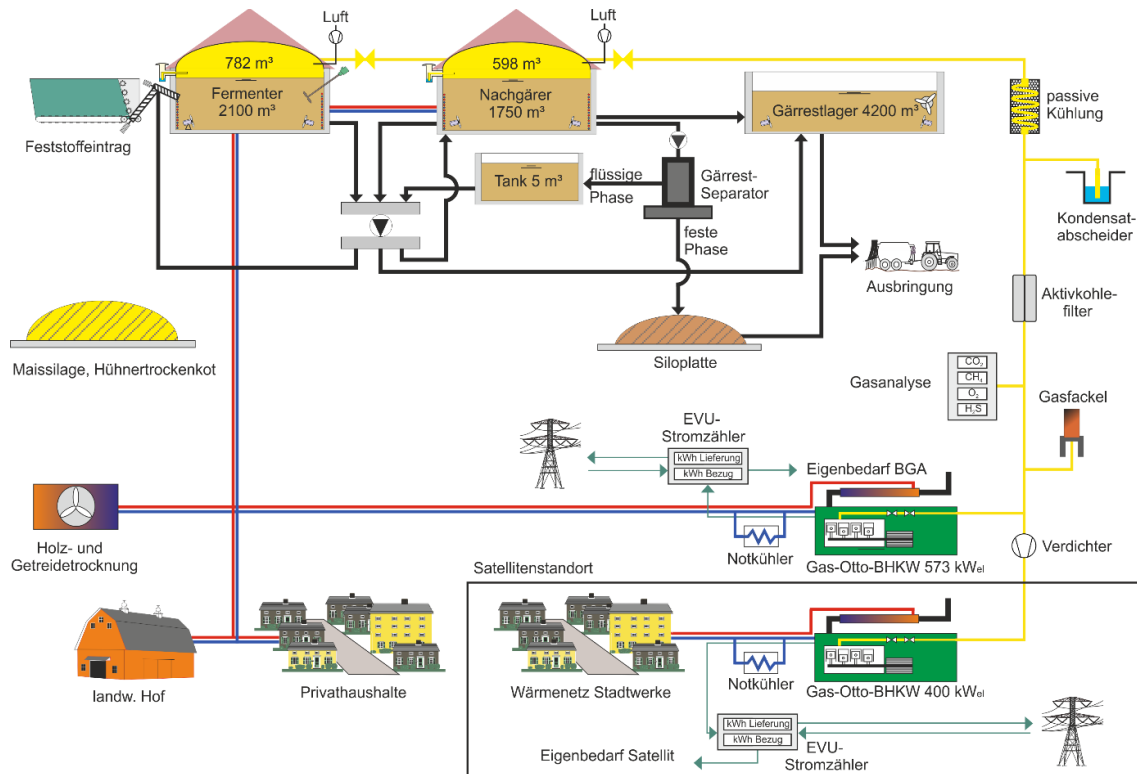


Abbildung 15-159: Anlagenschema der BGA 38

15.37.2 Möglichkeiten zur Beurteilung des Betriebs

Die messtechnische Ausstattung der BGA ist in Tabelle 15-104 aufgelistet. Die festen Einsatzstoffe werden bei der Einbringung mittels Waage am Feststoffeintrag gewogen. Jährlich wird eine Kontrollwiegung zur Bestimmung der Messabweichung der Waage durchgeführt.

Da der Gärrestseparator außerhalb der für die Gärprozessbewertung definierten Bilanzgrenze liegt, muss der zurückgeführte Flüssigkeitsstrom aus dem Separator energetisch als Substrat betrachtet werden und wurde deshalb auch so erfasst. Dies geschieht über einen Durchflussmengenmesser an der Pumpe.

Die Beurteilung des Gasertrages wird anhand der produzierten Strommenge des BHKW durchgeführt. Die Gärrestmenge wird nicht gemessen und aus Einsatzstoffmenge und produziertem Biogas errechnet. Der Eigenverbrauch an Wärme zur Beheizung der Fermenter wird nicht erfasst. Die in Nahwärmenetze eingespeiste Wärmemenge wird täglich erfasst. Verluste in den Netzen werden als Nutzwärme miterfasst.

Tabelle 15-104: Übersicht der vorhandenen Messtechnik der BGA 38

Zu erfassende Kenngröße	Art der Erfassung	Anmerkung
Feste Einsatzstoffe	Feststoffeinträge auf Wiegezellen, Wiegung der Einzelkomponenten	Tägliche Erfassung, automatische Speicherung im Betriebstagebuch
Flüssige Einsatzstoffe	Durchflussmengenähler Pumpe	
Gasqualität	Stationäres Gasanalysegerät für CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S, O ₂ vor BHKW 1, mobiles Messgerät vor BHKW 1	Stationärem Gerät wird wegen unplausiblen Werten nicht vertraut, regelmäßig manuelle Messung mit mobilem Gerät und manuellem Übertrag ins Betriebstagebuch
Gaszähler	Gasmengenähler am BHKW 1, BHKW 2 ohne Messeinrichtung	BHKW 1 keine Umrechnung auf Normbedingungen, keine Erfassung der Gesamtmenge, Gasmenge wird über Stromproduktion errechnet
Stromzähler	Zähler an beiden BHKW und beiden Einspeisetransformatoren	Tägliche, automatische Erfassung am BHKW 1 und 2, monatliche Ablesung an Trafos
Eigenstromverbrauch	Zähler zur Erfassung des Stromverbrauchs der BGA und des Satelliten-BHKW	Monatliche Ablesung, manueller Übertrag ins Betriebstagebuch
Eigenwärmeverbrauch	wird nicht erfasst	
Extern abgesetzte Wärmemenge	Wärmemengenähler am Eingang der Nahwärmenetze beider BHKW	Tägliche Erfassung, manueller Übertrag ins Betriebstagebuch, Leitungsverlust der Nahwärmenetze wird nicht ermittelt und als Nutzwärme mit erfasst

Für die Beurteilung des Prozesses im Rahmen des Messprogramms wurden alle Analysen gemäß Kapitel 3.2.3 durchgeführt. Einmalig, im April 2018 erfolgte die Bestimmung des Restgaspotentials vom Gärrest sowie die Messung des Biogas- und Methanpotentials der Substrate. Zum gleichen Termin wurde einmalig der Gehalt an Gesamtstickstoff im Gärrest ermittelt.

15.37.3 Anlagenbetrieb während des Messzeitraumes

Die Biogasanlage 38 wurde im Zeitraum von August 2017 bis Juli 2018 messtechnisch begleitet. In diesem Zeitraum wurde durchgehend Mais-Ganzpflanzensilage eingesetzt. Am Ende der Messphase im Juli 2018 wurde begonnen Hühnertrockenkot einzusetzen. Die Menge der Einsatzstoffe wurde im Winter leicht erhöht, um genug Biogas für die Deckung der erhöhten Wärmenachfrage im Winter zu haben (vgl. Abbildung 15-160).

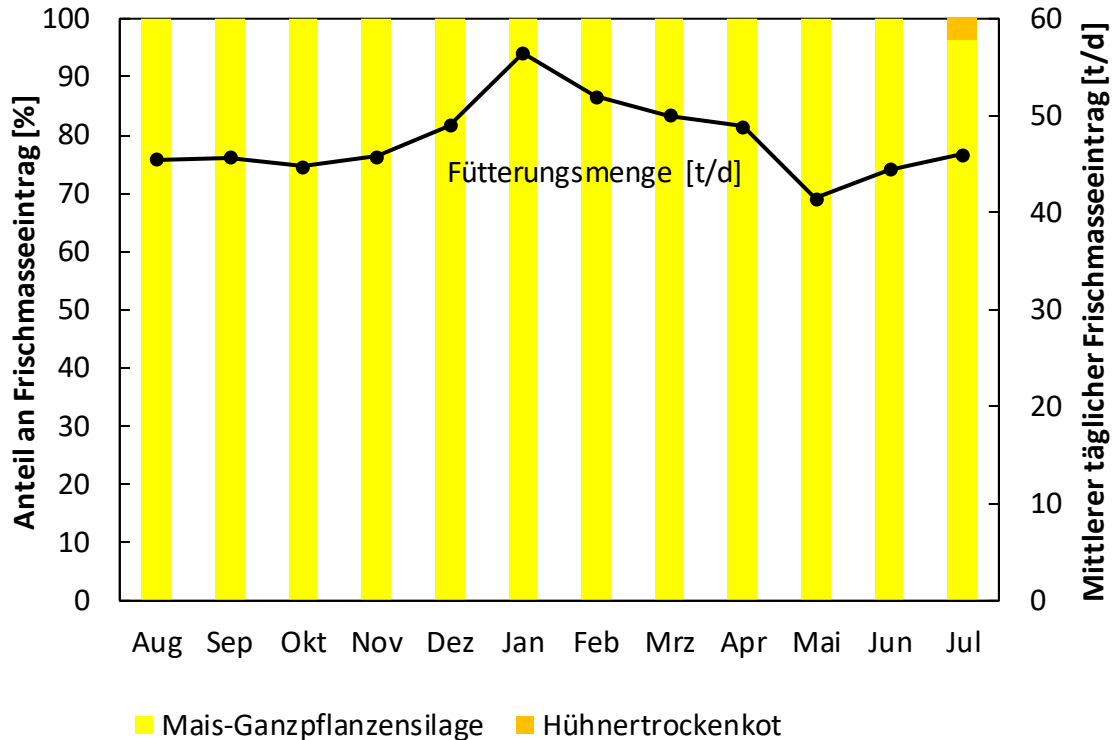


Abbildung 15-160: Zeitlicher Verlauf der Substratzusammensetzung und der zugeführten Substratmenge der BGA 38

Die Anlage lief im Betrachtungszeitraum sehr gleichmäßig, größere Betriebsstörungen traten nicht auf. Der Gärprozess lief stets stabil, was aufgrund der gleichbleibenden Substratzusammensetzung auch so zu erwarten war. Lediglich im September und Oktober war der FOS/TAC-Wert leicht höher als in den umliegenden Monaten – vermutlich aufgrund der noch relativ frischen, kurz silierten Maissilage (vgl. Abbildung 15-161).

Die elektrische Auslastung beider BHKW war über das Jahr recht gleichmäßig und entspricht durchschnittlich 80 % der Höchstbemessungsleistung und 100 % der installierten elektrischen Leistung (bei Berücksichtigung der Drosselung des BHKW 1). Das BHKW 1 produzierte zeitweise im Monatsmittel jedoch bis zu 634 kW, also deutlich mehr als die angegebenen 573 kW nach Drosselung. Aus diesem Grund bezieht sich die Angabe der theoretischen Vollaststunden des BHKW 1 im Datenblatt der BGA 38 auf die ungedrosselten 716 kW, weil sonst Werte über der Jahresstundenzahl von 8.760 h errechnet werden. Die Höchstbemessungsleistung der Anlage liegt nochmal höher als die ungedrosselt installierte Leistung. Daher errechnet sich die monatliche elektrische Auslastung auf Werte um 80 % der Höchstbemessungsleistung, obwohl 100 % der installierten Leistung im Jahresschnitt abgerufen werden.

Die thermische Auslastung zeigt eine saisonale Schwankung mit erhöhter Auslastung im Winter. Im Jahresschnitt beträgt die thermische Auslastung 52 %. Die Ausnutzung der produzierten Wärme durch externe Nutzer lag im Messzeitraum bei 61 % (vgl. Abbildung 15-162).

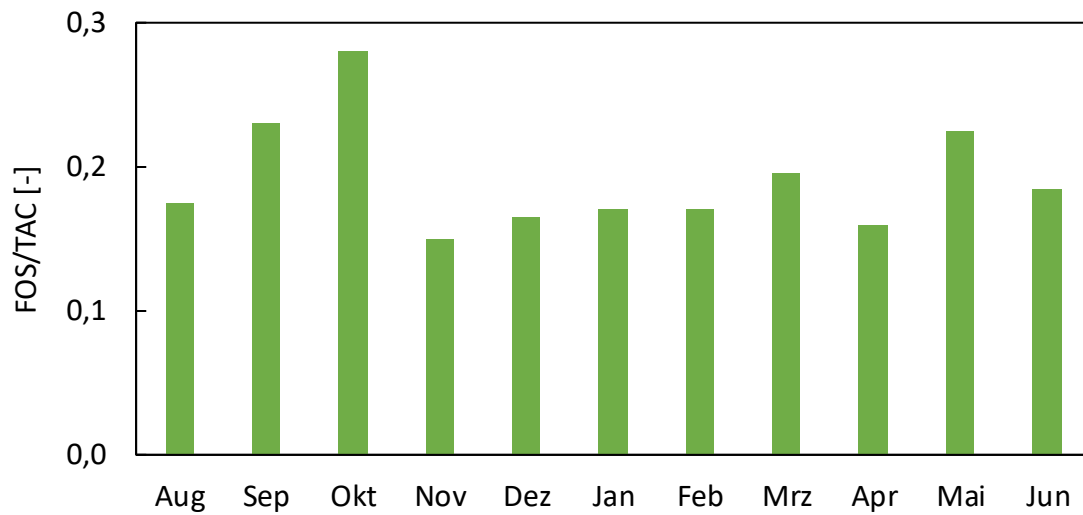


Abbildung 15-161: Zeitlicher Verlauf des FOS/TAC im Fermenter der BGA 38

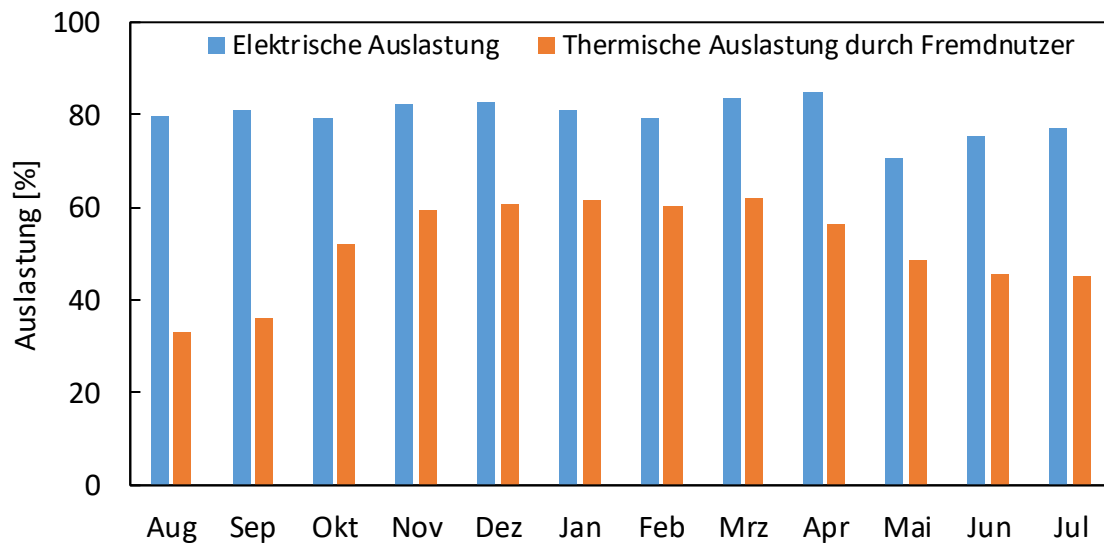


Abbildung 15-162: Elektrische Auslastung bezogen auf die Höchstbemessungsleistung und thermische Auslastung der BGA 38

Tabelle 15-105: Datenblatt der Biogasanlage 38

BGA 38						
Allgemeine Angaben:						
installierte elektrische Leistung	973 kW					
Inbetriebnahme	12.2007					
Zeitraum der Messphase	08.2017 - 07.2018					
Einsatzstoffe	NawaRo, tierische Exkremente					
Gasverwertung	1 VOV-BHKW, 1 Satelliten-BHKW					
Erhalt Flexibilitätsprämie	ja					
Betriebsform	Einzelhofanlage, angeschlossener landwirtschaftlicher Betrieb mit Ackerbau					
Bauliche Anlagen:				Einsatzstoffe:		
Benennung		Fermenter	Nachgärer	Fermentersystem	Mengenangaben in FM	
Anzahl		1	1		Gesamt-Jahresmenge	17.334 [t/a]
Reaktorvolumen	[m³]	2.500	2.100	4.600	Gesamt-Tagesmenge	47,5 [t/d]
Arbeitsvolumen	[m³]	2.100	1.750	3.850	Mais-Ganzpflanzensilage	99,7 [%]
stehend / liegend	[-]	stehend	stehend		Hühner trockenkot	0,3 [%]
Gasspeichervolumen	[m³]	782	598	1.380		
Betriebsparameter:				Einsatzstoffmix		
TS-Gehalt in FM	[%]	7,9	6,7		mittlerer TS-Gehalt in FM	33,4 [%]
oTS-Gehalt in TS	[%]	81,6	78,8		mittlerer oTS-Gehalt in TS	96,8 [%]
organische Raumbelastung in oTS	[kg/(m³ d)]			3,8 _{FS}	mittlerer FoTS-Gehalt in TS	80,7 [%]
Verweilzeit	[d]			81 _{FS}		
oTS-Abbau	[%]			88 _{GSY}		
FoTS-Ausbeute	[%]			113 _{GSY}		
CH ₄ -Produktivität	[m³ / (m³ d)]			1,6 _{FS}		
BG-Produktivität	[m³ / (m³ d)]			3,0 _{FS}		
pH	[-]	7,7	7,5		Gärrestlager:	
Temperatur	[°C]	41	40		Anzahl	1
NH ₄ -N in FM	[g/kg]	1,2			Lagerkapazität gasdicht	0 [m³]
N _{ges} -N in FM	[g/kg]	4,4	4,4		Lagerkap. nicht gasdicht / offen	4.200 [m³]
Essigsäureäquivalent in FM	[mg/l]	169			Gasspeichervolumen	0 [m³]
FOS/TAC	[-]	0,19			relatives Restmethanpotential	3,3 [%]
					TS-Gehalt im Gärrest in FM	6,7 [%]
					oTS-Gehalt im Gärrest in TS	78,8 [%]
Gasverwertung:				Gasproduktion:		
Netto-Methannutzungsgrad	[%]	57		Messung	nach AKF	
		BHKW 1	BHKW 2	Gaszusammensetzung		
Motortyp		GO	GO	[Vol-%]	CH ₄	53,2
elektr. Nennleistung	[kW]	716 (573)	400	[Vol-%]	CO ₂	-
therm. Nennleistung	[kW]	689	434	[Vol-%]	O ₂	0
elektr. Wirkungsgrad	[%]	39,2	40,4	[ppm]	H ₂ S	7
therm. Wirkungsgrad	[%]	37,7	43,8	Mittlere Gasausbeuten Einsatzstoffmix		
Betriebsweise BHKW	[-]	Volllast	Volllast		Biogas	Methan
Jahresbetriebsstunden	[h/a]	8.590	8.524	[m³/t] in FM	241	128
theor. Volllaststunden	[h/a]	7.058	8.183	[m³/t] in oTS	774	412
elektr. Arbeitsausnutzung	[%]	81	93	Stromproduktion		
				[kWh/d]	22.604	
				[kWh/t]	476	
GO - Gas-Otto-Motor; ZS - Zündstrahl-Motor; BG - Biogas						
Eigenstrombedarf:			Wärmeverwertung:			
	[kWh/a]			[kWh/a]		
BGA gesamt	639.986	8	[% der Stromproduktion]			
				Nahwärmenetz BGA	3.468.800	41 [% der Wärmeproduktion]
				Nahwärmenetz Satellitenstandort	1.628.600	19 [% der Wärmeproduktion]

Tabelle 15-106: Ökonomisches Datenblatt für die Biogasanlage 38 im Jahr 2017

BGA 38					
installierte elektrische Leistung	973	kW	eingespeiste Strommenge 2017	8.346.439	kWh
elektrische Höchstbemessungsleistung ¹	1.180	kW	Gesamtinvestitionsvolumen	3.401.882	€
Leistungen					
Stromerlöse (exklusive KWK-Bonus)	85,90	%		1.570.199	€/a
Wärmeerlöse (inklusive KWK-Bonus)	10,72	%		196.029	€/a
Sonstige Erlöse	3,38	%		61.763	€/a
Gesamterlöse	100	%		1.827.991	€/a
Kosten					
Substratkosten	46,36	%		681.224	€/a
<i>davon Kosten für NawaRo</i>					
Mais	45,77	€/t		662.195	€/a
Gras	-	€/t		-	€/a
Restliche NawaRo	-	€/t		-	€/a
Personalkosten	4,95	%		72.678	€/a
Instandhaltungskosten	8,22	%		120.757	€/a
Abschreibungen	14,98	%		220.067	€/a
Sonstige Betriebskosten	25,50	%		374.642	€/a
<i>davon</i>					
Zündöl				-	€/a
Strombezug				166.885	€/a
Miete und Pacht				3.758	€/a
Maschinenmiete und Leasing				35.744	€/a
Prozessbetreuung und Beratung				17.073	€/a
Versicherungen, Beiträge und Abgaben				46.578	€/a
Berufsgenossenschaft				444	€/a
Sonst. Schmierstoffe und Betriebsmittel				12.757	€/a
Zinszahlungen				79.225	€/a
Buchführung und Verwaltung				298	€/a
Sonstiges				11.881	€/a
Gesamtkosten	100	%		1.469.367	€/a
Bilanz					
Gesamterlöse				21,90	ct/kWh
Stromgestehungskosten				17,60	ct/kWh
Betriebszweigergebnis				4,30	ct/kWh
Betriebszweigergebnis				358.624	€/a

¹ Aussage Betreiber

15.38 Biogasanlage 39

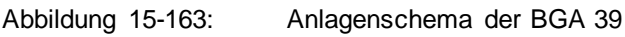
15.38.1 Anlagenbeschreibung

Die Biogasanlage 39 hat ihren Standort in Norddeutschland. Es handelt sich um eine Anlage mit angeschlossenem landwirtschaftlichen Betrieb mit Ackerbau und Legehennen. Die Inbetriebnahme erfolgte im Herbst 2011. Die zweistufige Anlage besteht aus in Reihe geschalteter Hydrolyse, Fermenter und Gärrestlager. Vor der Hydrolyse gibt es einen Anmischbehälter für die eingesetzten tierischen Exkremente zur Sedimentation von Störstoffen und Sand. Dieser Behälter wird etwa halbjährlich vom Sediment befreit. Alle Behälter sind am gasführenden System angeschlossen. Die Hydrolysestufe und der Fermenter sind beheizt.

Die eingesetzte Rindergülle wird bei der Anlieferung vom externen Betrieb direkt vom Tankwagen in den Sedimentationsbehälter gepumpt. Der eingesetzte Hühnertrockenkot gelangt über einen Feststoffeintrag mit Förderschnecke und Anmischpumpe in den Sedimentationsbehälter, wobei eine Vorvermischung mit Gärrest aus dem Gärrestlager erfolgt. Die tierischen Exkremente werden vom Sedimentationsbehälter per Pumpe in die Hydrolysestufe gefördert. Eingesetzte Energiepflanzen werden mit einem separaten Feststoffeintrag per Förderschnecke und Anmischpumpe in die Hydrolysestufe gefördert. Die Anmischung erfolgt mit Gärgemisch aus der Hydrolysestufe. Der Sedimentationsbehälter und die Hydrolyse verfügen beide über eine Schrägachs-Propellerrührwerk zur Durchmischung des Gärgemischs. Von der Hydrolysestufe gelangt das Gärgemisch per Pumpe in den Fermenter. Hier stehen drei Tauchmotor-Propellerrührwerke zu Homogenisierung des Gärgemischs bereit. Anschließend gelangt das Gärgemisch in das Gärrestlager, in welchem ebenfalls drei Tauchmotor-Propellerrührwerke installiert sind. Die Ausbringung des Gärrests erfolgt als flüssiger Gärrest direkt aus dem Gärrestlager und auch aus dem Fermenter. Beide Behälter haben dadurch einen variablen Füllstand. Ein Teil des Gärrest wird in einem Bandrockner getrocknet und vermarktet. Sickersaft und Oberflächenwasser von den Fahrsiloanlagen wird in einer Lagune aufgefangen und gelangt nicht in die Biogasanlage.

Das produzierte Biogas wird im Fermenter und Gärrestlager im zusammen 8.000 m³ großen Gasspeicher biologisch entschwefelt und zwischengespeichert. Anschließend erfolgt noch eine Feinentschwefelung mittels Aktivkohle.

Die Verwertung des Biogases erfolgt in einem BHKW mit 600 kW elektrischer Leistung. Der produzierte Strom wird zum Teil für den Betrieb der Biogasanlage und des Hühnerstalls genutzt. Der Überschuss wird ins öffentliche Stromnetz eingespeist. Die produzierte Wärme dient zur Beheizung der Gärbehälter, eines Büros und des Bandrockners zur Gärresttrocknung.



15.38.2 Möglichkeiten zur Beurteilung des Betriebs

Die messtechnische Ausstattung der BGA ist in Tabelle 15-107 aufgelistet. Die festen Einsatzstoffe werden bei der Einbringung mittels Waagen am Feststoffeintrag gewogen. Die Zufuhr von flüssigen Substraten wird über Durchflussmengenähler an den Pumpen erfasst.

Die Beurteilung des Gasertrages wird anhand der produzierten Strommenge des BHKW durchgeführt. Die Gärrestmenge wird nicht gemessen und aus Einsatzstoffmenge und produziertem Biogas errechnet. Der Eigenverbrauch an Wärme zur Beheizung der Fermenter wird nicht erfasst. Die extern genutzte Wärme wird am Wärmemengenähler täglich abgelesen.

Tabelle 15-107: Übersicht der vorhandenen Messtechnik der BGA 39

Zu erfassende Kenngröße	Art der Erfassung	Anmerkung
Feste Einsatzstoffe	Feststoffeinträge auf Wiegezellen, Wiegung der Einzelkomponenten	Tägliche Erfassung, manueller Übertrag ins Betriebstagebuch
Flüssige Einsatzstoffe	Durchflussmengenähler an Pumpen	Tägliche Erfassung, manueller Übertrag ins Betriebstagebuch
Gärrestmenge	Keine Erfassung	Berechnung über Massenbilanz
Gasqualität	Gasanalysegerät für CH ₄ , H ₂ S, O ₂ vor BHKW	Tägliche Erfassung, manueller Übertrag von CH ₄ und H ₂ S ins Betriebstagebuch
Gaszähler	Gasmengenähler am BHKW	keine Umrechnung auf Normbedingungen, Gasmenge wird über Stromproduktion errechnet
Stromzähler	Zähler am BHKW und am Einspeisetransformator	Tägliche, manuelle Erfassung am BHKW, monatliche Ablesung am Trafo
Eigenstromverbrauch	Zähler zur Erfassung des Stromverbrauchs der BGA	Monatliche Ablesung, manueller Übertrag ins Betriebstagebuch
Eigenwärmeverbrauch	Wärmemengenähler für Trockner und Gesamtabgabe	Bilanzielles Errechnen des Eigenwärmebedarfs
Extern abgesetzte Wärmemenge	Wärmemengenähler am Trockner	tägliche Ablesung, manueller Übertrag ins Betriebstagebuch,

Für die Beurteilung des Prozesses im Rahmen des Messprogramms wurden alle Analysen gemäß Kapitel 3.2.3 durchgeführt. Einmalig, im April 2018 erfolgte die Bestimmung des Restgaspotentials vom Gärrest sowie die Messung des Biogas- und Methanpotentials der Substrate. Zum gleichen Termin wurde einmalig der Gehalt an Gesamtstickstoff im Gärrest ermittelt.

15.38.3 Anlagenbetrieb während des Messzeitraumes

Die Biogasanlage 39 wurde im Zeitraum von August 2017 bis Juli 2018 messtechnisch begleitet. In diesem Zeitraum wurde mit Ausnahme von drei Wochen im Oktober 2017 durchgehend Mais-Ganzpflanzensilage eingesetzt. Außerdem wurde durchgängig Hühnertrockenkot und Rindergülle eingesetzt. Die Rindergülle wurde von einem externen Betrieb zweimal pro Woche angeliefert und für das BMP III monatlich direkt bei der Anlieferung beprobt. Der Hühnertrockenkot stammt aus dem eigenen Betrieb und wird tagesfrisch dem Anmischbehälter zugeführt. Von August 2017 bis Januar 2018 wurde zusätzlich Triticale-Ganzpflanzensilage und im Juli 2018 Grassilage eingesetzt (vgl. Abbildung 15-164).

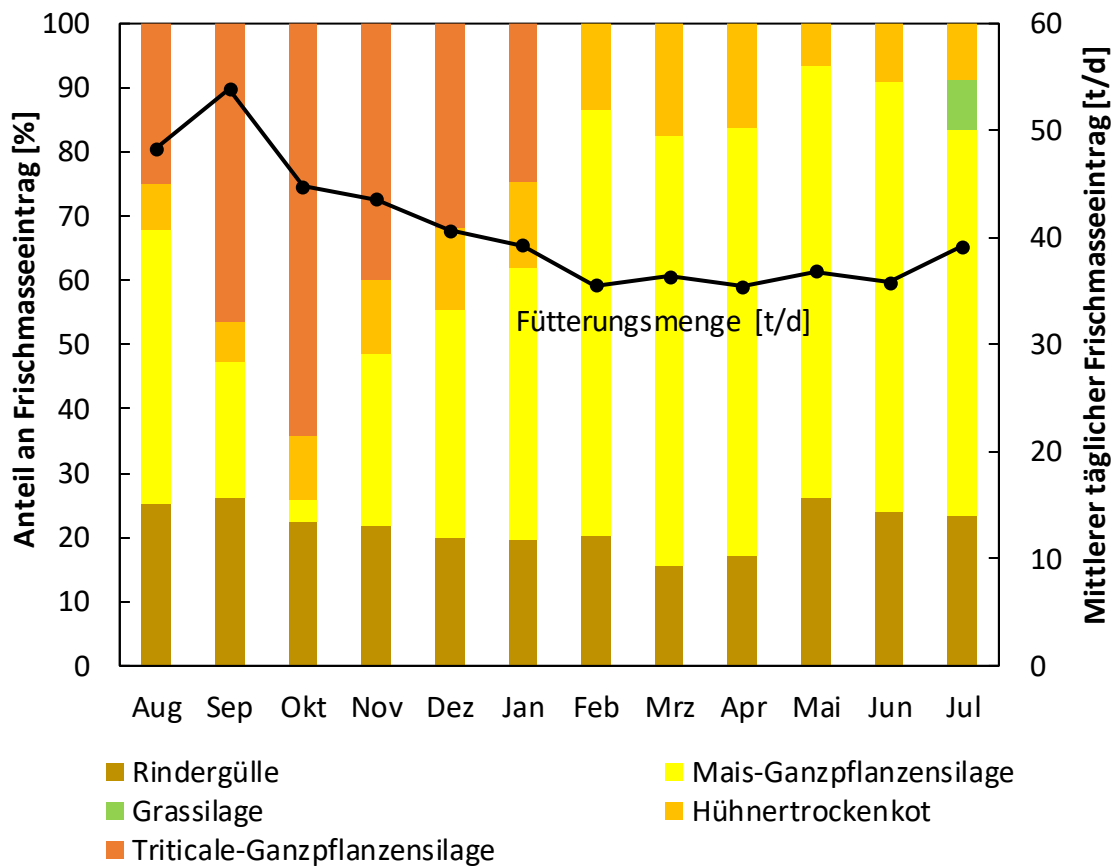


Abbildung 15-164: Zeitlicher Verlauf der Substratzusammensetzung und der zugeführten Substratmenge der BGA 39

Die Anlage lief im Betrachtungszeitraum sehr gleichmäßig. Der Gärprozess lief sehr stabil bei gleichbleibend niedrigen FOS/TAC-Werten (vgl. Abbildung 15-165).

Eine geringfügige, aber langandauernde Betriebsstörung betraf das BHKW. Im Februar 2018 wurde ein erhöhter Gasverbrauch festgestellt. Nach dem Tausch einiger Komponenten ohne Verbesserung der Problematik wurde bei einer größeren Wartung ca. 4 Monate später festgestellt, dass einer der Kolben im Motor gerissen war. Der Defekt wurde am 18. Juni 2018 behoben.

Die elektrische Auslastung (ins öffentliche Netz gespeiste elektrische Leistung bezogen auf die Höchstbemessungsleistung) der Anlage ist übers Jahr recht gleichmäßig. Im Jahresschnitt liegt sie bei 87 %. Die Anlage verbraucht ca. 10 % des produzierten Stroms selbst (entspricht ca. 60 kW Dauerleistung), sodass Werte über 95 % für die elektrische Auslastung nicht zu erwarten sind.

Die thermische Auslastung beträgt im Jahresschnitt 59 % der thermischen Leistung. 61 % der produzierten Wärme werden zur Gärresttrocknung verwendet, 17 % dienen der Beheizung der Gärbehälter (vgl. Abbildung 15-166).

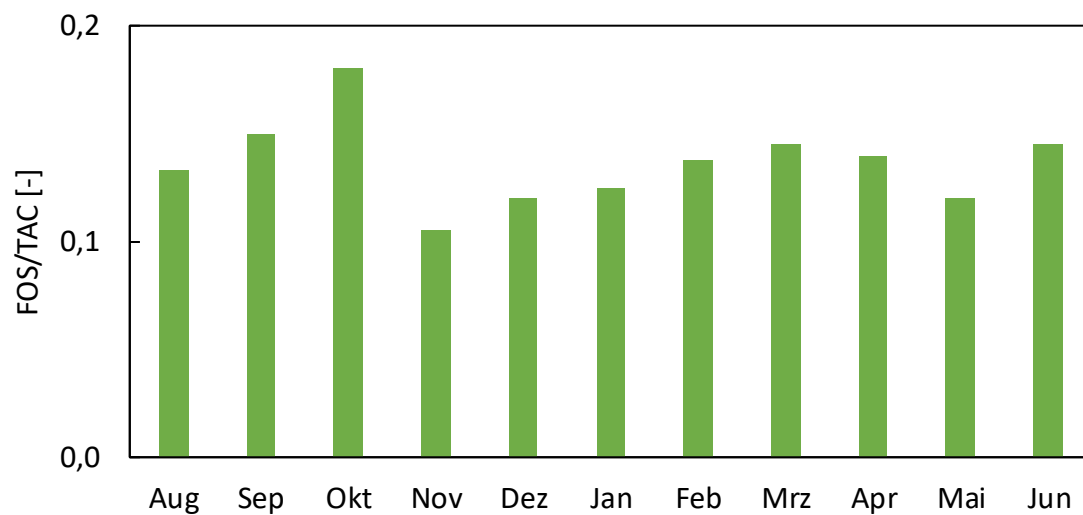


Abbildung 15-165: Zeitlicher Verlauf des FOS/TAC im Fermenter der BGA 39

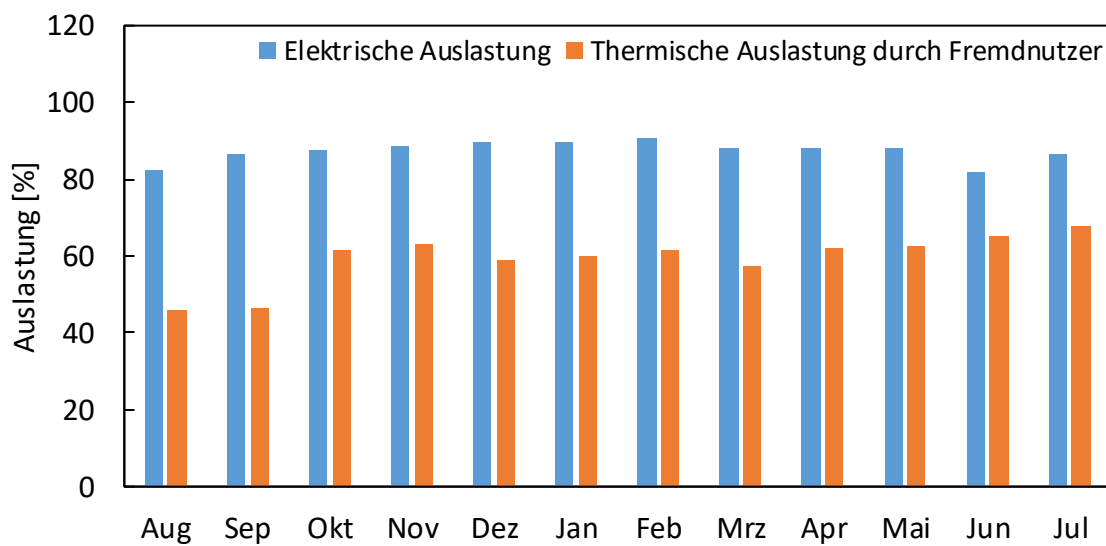


Abbildung 15-166: Elektrische Auslastung bezogen auf die Höchstbemessungsleistung und thermische Auslastung der BGA 39

Tabelle 15-108: Datenblatt der Biogasanlage 39

BGA 39						
Allgemeine Angaben:						
installierte elektrische Leistung	600 kW					
Inbetriebnahme	12.2011					
Zeitraum der Messphase	08.2017 - 07.2018					
Einsatzstoffe	NawaRo, tierische Exkremente					
Gasverwertung	1 VOV-BHKW					
Erhalt Flexibilitätsprämie	nein					
Betriebsform	Einzelhofanlage, angeschlossener landwirtschaftlicher Betrieb mit Ackerbau und Legehennenhaltung					
Bauliche Anlagen:				Einsatzstoffe:		
Benennung		Hydrolyse	Fermenter	Fermentersystem	Mengenangaben in FM	
Anzahl		1	1		Gesamt-Jahresmenge	14.910 [t/a]
Reaktorvolumen	[m³]	250	3.535	3.785	Gesamt-Tagesmenge	40,8 [t/d]
Arbeitsvolumen	[m³]	200	2.830	3.030	Grassilage	0,6 [%]
stehend / liegend	[-]	stehend	stehend		Hühner trockenkot	10,8 [%]
Gasspeichervolumen	[m³]	0	3.500	3.500	Mais-Ganzpflanzensilage	44,8 [%]
					Rindergülle	22,0 [%]
					Triticale-Ganzpflanzensilage	21,7 [%]
Betriebsparameter:				Einsatzstoffmix		
TS-Gehalt in FM	[%]	10,9	9,8		mittlerer TS-Gehalt in FM	26,9 [%]
oTS-Gehalt in TS	[%]	78,6	75,6		mittlerer oTS-Gehalt in TS	91,7 [%]
organische Raumbelastung in oTS	[kg/(m³ d)]			3,2 _{FS}	mittlerer FoTS-Gehalt in TS	74,2 [%]
Verweilzeit	[d]			74 _{FS}		
oTS-Abbau	[%]			82 _{GSV}		
FoTS-Ausbeute	[%]			106 _{GSV}		
CH ₄ -Produktivität	[m³ / (m³ d)]			1,2 _{FS}		
BG-Produktivität	[m³ / (m³ d)]			2,3 _{FS}		
pH	[-]	7,3	8,0		Gärrestlager:	
Temperatur	[°C]	42	43		Anzahl	1
NH ₄ -N in FM	[g/kg]		3,7		Lagerkapazität gasdicht	5.100 [m³]
N _{ges} -N in FM	[g/kg]		5,5		Lagerkap. nicht gasdicht / offen	0 [m³]
Essigsäureäquivalent in FM	[mg/l]	9.016	297		Gasspeichervolumen	4.500 [m³]
FOS/TAC	[-]	1,01	0,14		relatives Restmethanpotential	3,4 [%]
					TS-Gehalt im Gärrest in FM	7,8 [%]
					oTS-Gehalt im Gärrest in TS	71,9 [%]
Gasverwertung:				Gasproduktion:		
Netto-Methannutzungsgrad	[%]	50		Messung	nach AKF	
		BHKW 1		Gaszusammensetzung		
Motortyp		GO		[Vol-%]	CH ₄	52,2
elektr. Nennleistung	[kW]	600		[Vol-%]	CO ₂	-
therm. Nennleistung	[kW]	598		[Vol-%]	O ₂	-
elektr. Wirkungsgrad	[%]	42,0		[ppm]	H ₂ S	58
therm. Wirkungsgrad	[%]	42,0		Mittlere Gasausbeuten Einsatzstoffmix		
Betriebsweise BHKW	[-]	Volllast			Biogas	Methan
Jahresbetriebsstunden	[h/a]	8.595		[m³/ t] in FM	171	89
theor. Volllaststunden	[h/a]	8.588		[m³/t] in oTS	717	375
elektr. Arbeitsausnutzung	[%]	98		Stromproduktion		
				[kWh/d]	11.953	
				[kWh/t]	293	
GO - Gas-Otto-Motor; ZS - Zündstrahl-Motor; BG - Biogas						
Eigenstrombedarf:				Wärmeverwertung:		
	[kWh/a]				[kWh/a]	
BGA gesamt	523.856	10	[% der Stromproduktion]	Eigenbedarf BGA	889.670	17
				Gärresttrockner	3.116.000	61
						[% der Wärmeproduktion]

Tabelle 15-109: Ökonomisches Datenblatt für die Biogasanlage 39 im Jahr 2017

BGA 39					
installierte elektrische Leistung	600	kW	eingespeiste Strommenge 2017	4.368.272	kWh
elektrische Höchstbemessungsleistung	570	kW	Gesamtinvestitionsvolumen	3.670.926	€
Leistungen					
Stromerlöse (exklusive KWK-Bonus)	84,18	%		855.321	€/a
Wärmeerlöse (inklusive KWK-Bonus)	7,70	%		78.202	€/a
Sonstige Erlöse	8,12	%		82.522	€/a
Gesamterlöse	100	%		1.016.045	€/a
Kosten					
Substratkosten	40,39	%		429.450	€/a
<i>davon Kosten für NawaRo</i>					
Mais	37,80	€/t		166.282	€/a
Gras	-	€/t		-	€/a
Restliche NawaRo	35,00	€/t		209.615	€/a
Personalkosten	3,51	%		37.375	€/a
Instandhaltungskosten	11,94	%		127.012	€/a
Abschreibungen	31,32	%		333.055	€/a
Sonstige Betriebskosten	12,83	%		136.435	€/a
<i>davon</i>					
Zündöl				-	€/a
Strombezug ¹				-	€/a
Miete und Pacht				8.733	€/a
Maschinenmiete und Leasing				10.620	€/a
Prozessbetreuung und Beratung				-	€/a
Versicherungen, Beiträge und Abgaben				-	€/a
Berufsgenossenschaft				-	€/a
Sonst. Schmierstoffe und Betriebsmittel				8.454	€/a
Zinszahlungen				60.420	€/a
Buchführung und Verwaltung				-	€/a
Sonstiges				48.208	€/a
Gesamtkosten	100	%		1.063.326	€/a
Bilanz					
Gesamterlöse				23,26	ct/kWh
Stromgestehungskosten				24,34	ct/kWh
Betriebszweigergebnis	-			1,08	ct/kWh
Betriebszweigergebnis	-			47.281	€/a

¹ Überschusseinspeisung

15.39 Biogasanlage 40

15.39.1 Anlagenbeschreibung

Die Biogasanlage 40 steht in Sachsen auf dem Gelände eines Landwirtschaftsbetriebes neben einer Milchrinderanlage mit Nachzucht. Die Anlage besteht aus einem Annahmedosierer mit 33 m³ Füllvolumen, zwei parallel betriebene Fermenter sowie einem Nachgärer. Alle drei Behälter sind als Rundbehälter in Stahlbetonbauweise ausgeführt mit einem Nutzvolumen von je 1.323 m³. Weiter angebunden sind offene Gärrestlagerbehälter mit einem Fassungsvermögen von 6.000 m³. Zur Homogenisierung des Gärsubstrates kommen ausschließlich baugleiche Langwellen-Rührwerke zum Einsatz. Doppelwandige Foliengasspeicher (Doppelmembrantragluftfoliendach) befinden sich auf beiden Fermentern sowie dem Nachgärer mit insgesamt 630 m³ Gasspeichervolumen. Die Gasverwertung erfolgt über zwei BHKW mit einer elektrischen Leistung von 170 kW und 370 kW. Die Anlage wird als Volleinspeise-Anlage gefahren. Das produzierte Biogas wird mittels interner Lufteinblasung entschwefelt und nach einer Gaskühlung über ein Aktivkohlefilter zum Gasverdichter geleitet. Die Leistung der beiden BHKW wird über den Füllstand im Gasspeicher geregelt. Benachbarte Wohneinheiten sowie ein Bürogebäude sind externe Wärmeabnehmer und über ein Nahwärmenetz angeschlossen. Kenndaten zur Anlage können dem Datenblatt (vgl. Tabelle 15-111) entnommen werden. Nachfolgende Abbildung 15-167 gibt einen Eindruck von der Anlage.



Abbildung 15-167: BGA 40 mit beiden Fermentern und BHKW-Modulen

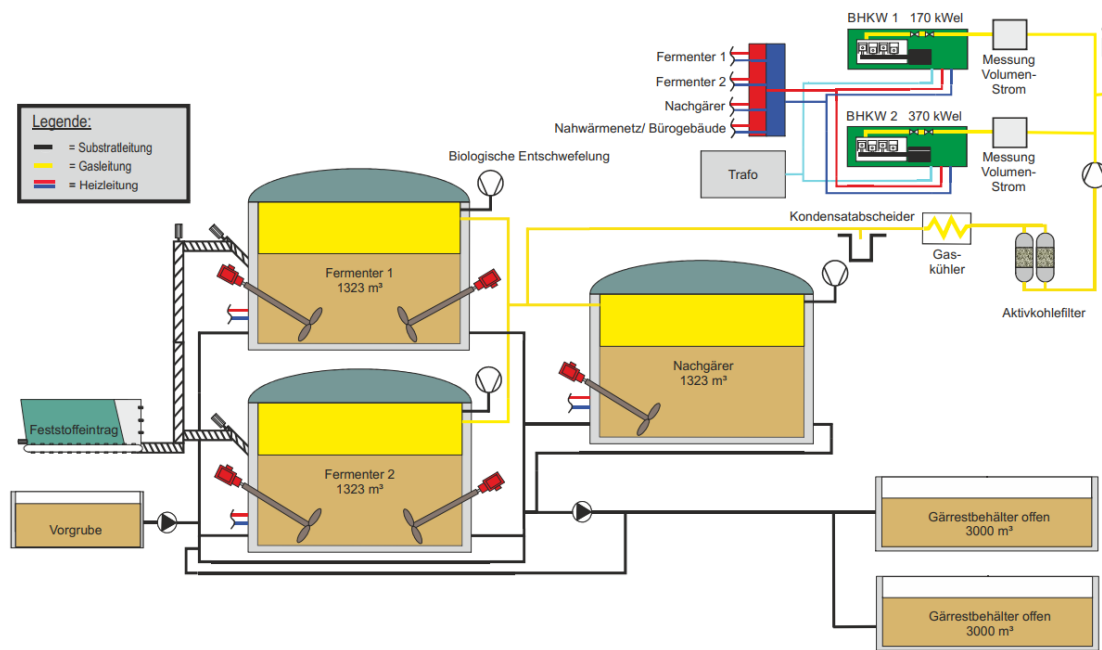


Abbildung 15-168: Anlagenschema BGA 40

15.39.2 Möglichkeiten zur Beurteilung des Betriebs

Tabelle 15-110 gibt einen Überblick über die grundlegend vorhandene Messtechnik, um zugeführte Einsatzstoffmengen und produzierte Gas- bzw. Energiemengen beurteilen zu können. Zusätzlich wurde die BGA intensiv beprobt. Mindestens monatlich wurden Proben aller Behälter gezogen und auf deren Prozessparameter hin untersucht. Das produzierte Gas wird in seiner Zusammensetzung gemessen und dokumentiert. Biogasmengen können mit einem Volumenstromzähler im Betriebszustand gemessen werden. Des Weiteren werden die eingespeisten Strom- und Nutzwärmemengen sowie der Stromeigenbedarf messtechnisch erfasst. Der Eigenwärmebedarf für die Prozessführung der Biogasanlage wird hingegen nicht gemessen.

Tabelle 15-110: Übersicht der vorhandenen Messtechnik der BGA 40

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 ₄ , CO ₂ , O ₂ , H ₂ S	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 und 2 werden über einen gemeinsamen Einspeisetransformator geführt	Ablesung täglich am Trafo
Wärmemenge	Messung der externen Verbraucher (Wärmenetz der Heizhäuser und Wärmeversorgung Bürogebäude)	Ablesung täglich
Eigenstromverbrauch	Wird nicht gemessen, Überschlag durch Differenzbildung produzierter und eingespeister Strommengen möglich	Ablesung täglich
Eigenwärmebedarf	Wird nicht gemessen	Wird nicht gemessen

15.39.3 Anlagenbetrieb während des Messzeitraumes

Im einjährigen Messzeitraum von Oktober 2017 bis September 2018 wurden im Durchschnitt zirka 68 % Rindergülle eingesetzt. Hinzu kommen etwa 20 % Maissilage, 6 % Futterreste, 5 % Grassilage und 1 % Getreideschrot. Die Einsatzstoffmenge betrug rund 65 t Frischmasse am Tag. Die Gesamtmenge und Einsatzstoffanteile blieben im Jahresverlauf relativ konstant. Nur in den Monaten Juli und August 2018 kam es zu einer Verdopplung der Grassilagemenge um die reduzierte Maissilage zu kompensieren. (vgl. Abbildung 15-169). Die täglich zugeführte Frischmassemenge schwankte im Monatsmittel zwischen 62 bis 67 t je Tag.

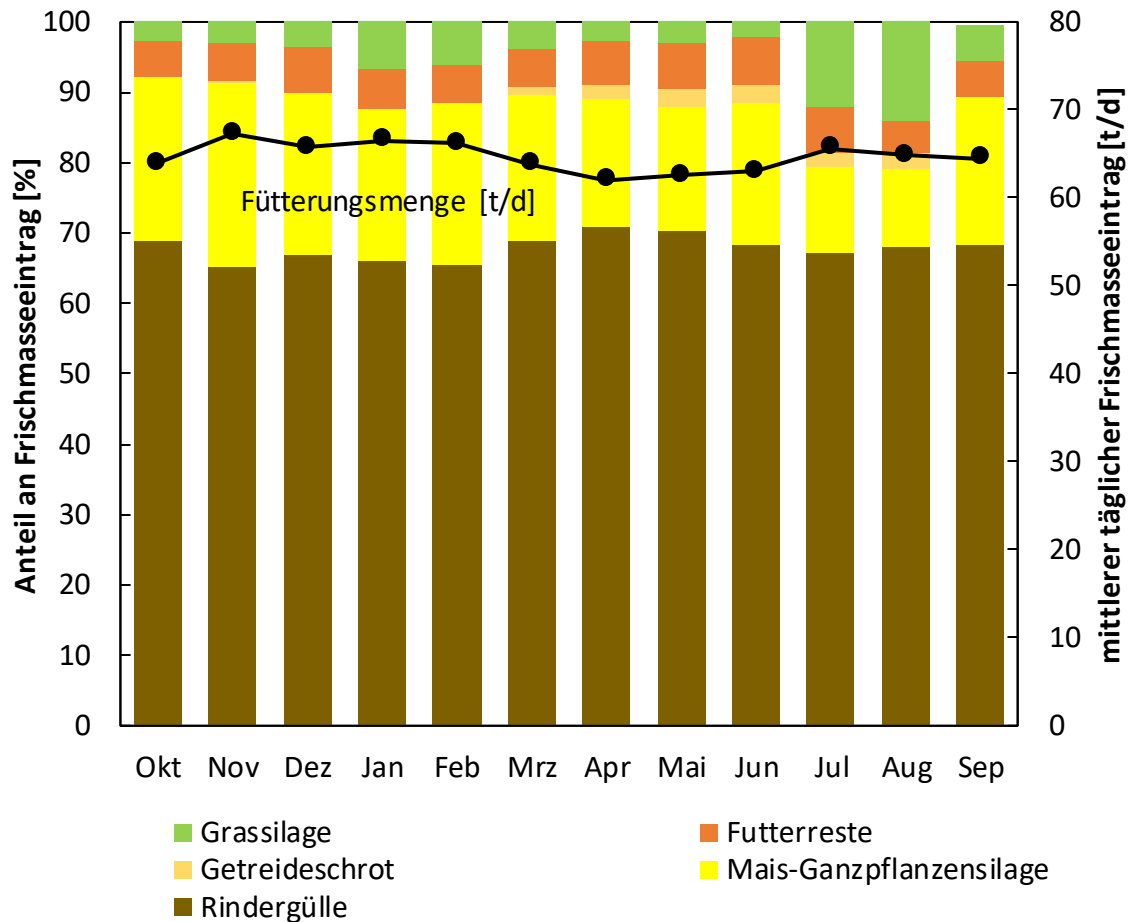


Abbildung 15-169: Zeitlicher Verlauf der Substratzusammensetzung und der zugeführten Substratmenge der BGA 40

Die Verweilzeit innerhalb der Gesamtanlage (Fermenter plus Nachgärbehälter) betrug im Jahresdurchschnitt 61 Tage. Die organische Raumbelastung lag durchschnittlich bei $2,6 \text{ kg}_{\text{OTS}}/(\text{m}^3 \text{ d})$ (vgl. Tabelle 15-111), wobei auch diese Schwankungen im Jahresverlauf unterworfen war. Die spezifische Methanproduktivität war relativ konstant bei ca. $0,85 \text{ m}^3/(\text{m}^3 \text{ d})$. Der FOS/-TAC-Wert der beiden Fermenter bewegte sich im Bereich von 0,10 bis 0,15 (vgl. Abbildung 15-170).

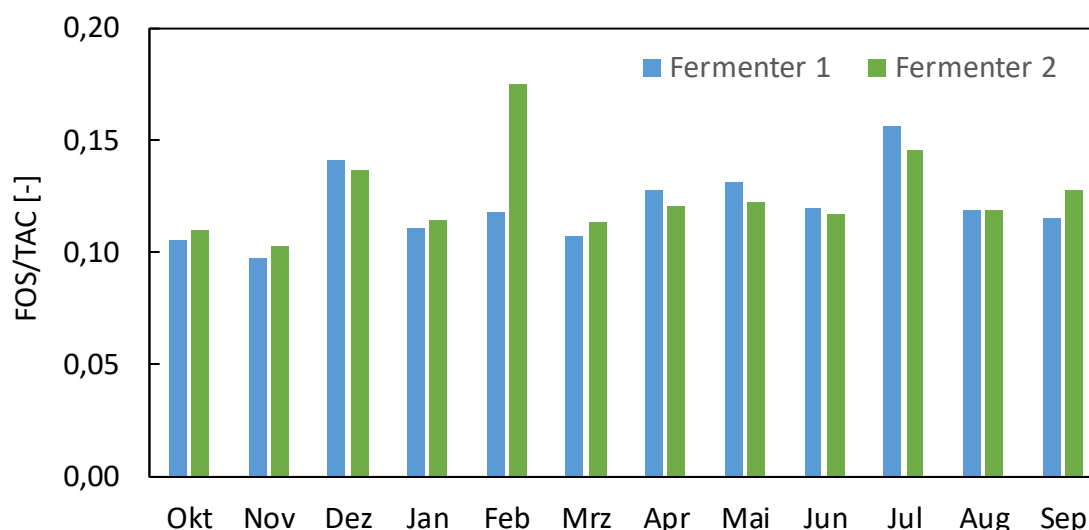


Abbildung 15-170: Zeitlicher Verlauf des FOS/TAC im Fermenter der BGA 40

Die elektrische Auslastung war ganzjährig auf hohem Niveau. Im Oktober 2017 wurde die Fütterung reduziert, und die Leistung eines der beiden BHKW gedrosselt. Die elektrische Auslastung sank auf 62 %. Für messtechnische Erfassung der Nutzwärmemengen lagen die Daten kontinuierlich vor. Abbildung 15-171 zeigt sehr deutlich, dass ein Wärmenutzungskonzept für die Biogasanlage auf einem ausbaufähigen Niveau steht. Lediglich 15 % der produzierten Wärme konnten durch externe Wärmenutzer und bestehendes Nahwärmenetz in der angrenzenden Ortschaft verwertet werden.

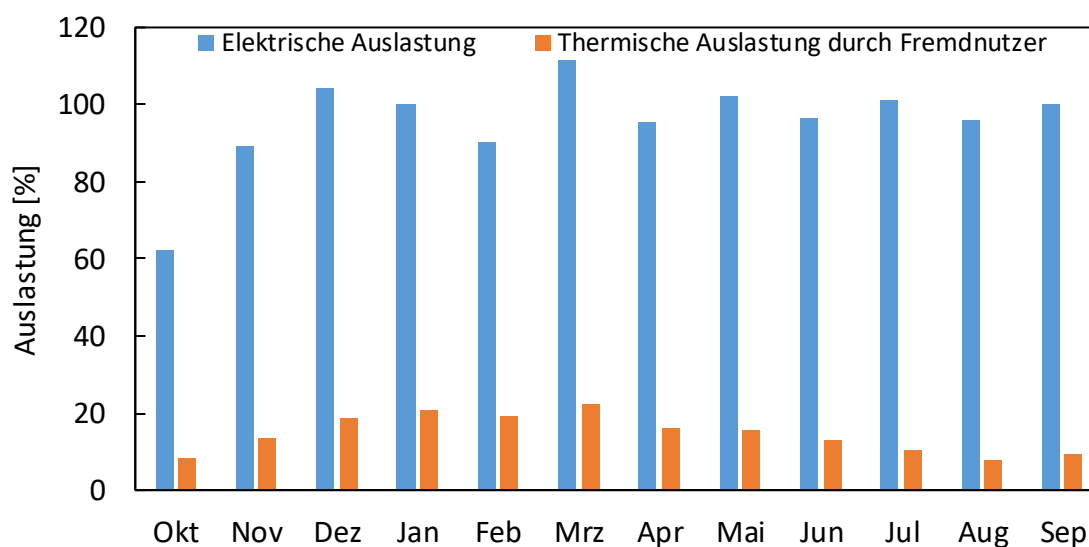


Abbildung 15-171: Elektrische Auslastung bezogen auf die Höchstbemessungsleistung und thermische Auslastung der BGA 40

Tabelle 15-111: Datenblatt der Biogasanlage 40

BGA 40						
Allgemeine Angaben:						
installierte elektrische Leistung	540 kW					
Inbetriebnahme	08.2007					
Zeitraum der Messphase	10.2017 - 09.2018					
Einsatzstoffe	NawaRo, tierische Exkremente					
Gasverwertung	2 VOV-BHKW					
Erhalt Flexibilitätsprämie	nein					
Betriebsform	angeschlossener landwirtschaftlicher Betrieb mit Milchviehhaltung und Ackerbau					
Bauliche Anlagen:				Einsatzstoffe:		
Benennung		Fermenter 1	Fermenter 2	Nachgärer	Fermentersystem	Mengenangaben in FM
Anzahl		1	1	1		Gesamt-Jahresmenge 23.597 [t/a]
Reaktorvolumen	[m³]					Gesamt-Tagesmenge 65 [t/d]
Arbeitsvolumen	[m³]	1.323	1.323	1.323	3.969	Rindergülle 67,9 [%]
stehend / liegend	[-]	stehend	stehend	stehend		Maissilage 19,8 [%]
Gasspeichervolumen	[m³]	210	210	210	630	Futterreste 5,8 [%]
						Grassilage 5,4 [%]
						Getreideschrot 1,0 [%]
Betriebsparameter:						
TS-Gehalt in FM	[%]	7,7	8,1			
oTS-Gehalt in TS	[%]	73,6	69,4			
organische Raumbelastung in oTS	[kg/(m³ d)]			2,6 _{FS}		
Verweilzeit	[d]			61 _{FS}		mittlerer TS-Gehalt in FM 15,9 [%]
oTS-Abbau	[%]			75 _{GSV}		mittlerer oTS-Gehalt in TS 84,5 [%]
FoTS-Ausbeute	[%]			109 _{GSV}		mittlerer FoTS-Gehalt in TS 49,3 [%]
CH ₄ -Produktivität	[m³/(m³ d)]			0,8 _{FS}		
BG-Produktivität	[m³/(m³ d)]			1,6 _{FS}		
pH	[-]	7,8	7,8			
Temperatur	[°C]	40	40			
NH ₄ -N in FM	[g/kg]	1,9	2,0			
N _{ges} -N in FM	[g/kg]	4,9	5,1			
Essigsäureäquivalent in FM	[mg/l]	82	148			
FOS/TAC	[-]	0,12	0,13			
Gasverwertung:				Gasproduktion:		
Netto-Methannutzungsgrad	[%]	40				Messung nach AKF
		BHKW 1	BHKW 2			
Motortyp		GO	GO			
elektr. Nennleistung	[kW]	170	370			Gaszusammensetzung
therm. Nennleistung	[kW]	177	427			[Vol.-%] CH ₄ 52,1
elektr. Wirkungsgrad	[%]	39,7	36			[Vol.-%] CO ₂ -
therm. Wirkungsgrad	[%]	41,4	41,5			[Vol.-%] O ₂ 0,5
Betriebsweise BHKW	[-]	Volllast	Volllast			[ppm] H ₂ S 250
Jahresbetriebsstunden	[h/a]	-	-			Mittlere Gasausbeuten Einsatzstoffmix
theor. Volllaststunden	[h/a]	8.131	8.396			[m³/t] in FM Biogas 100 Methan 52
elektr. Arbeitsausnutzung	[%]	93	96			[m³/t] in oTS 742 387
GO - Gas-Otto-Motor; ZS - Zündstrahl-Motor; BG - Biogas				Stromproduktion		
						[kWh/d] 12.298
						[kWh/t] 188
Eigenstrombedarf:				Wärmeverwertung:		
	[kWh/a]				[kWh/a]	
BGA gesamt	331.485	7 [% der Stromproduktion]	Nahwärmenetz	770.100	15 [% der Wärmeproduktion]	
davon BHKWs	175.560	4 [% der Stromproduktion]				
davon BGA	155.925	3 [% der Stromproduktion]				

Tabelle 15-112: Ökonomisches Datenblatt für die Biogasanlage 40 für das Jahr 2017

BGA 40					
installierte elektrische Leistung	540	kW	eingespeiste Strommenge 2017	4.071.712	kWh
elektrische Höchstbemessungsleistung	513	kW	Gesamtinvestitionsvolumen	1.733.918	€
Leistungen					
Stromerlöse (exklusive KWK-Bonus)	95,60	%		820.097	€/a
Wärmeerlöse (inklusive KWK-Bonus)	1,84	%		15.742	€/a
Sonstige Erlöse	2,56	%		22.000	€/a
Gesamterlöse	100	%		857.839	€/a
Kosten					
Substratkosten	34,62	%		248.128	€/a
<i>davon Kosten für NawaRo</i>					
Mais	29,00	€/t		174.058	€/a
Gras	40	€/t		73.560	€/a
Restliche NawaRo	15,00	€/t		510	€/a
Personalkosten	5,61	%		40.220	€/a
Instandhaltungskosten	29,52	%		211.538	€/a
Abschreibungen	15,29	%		109.590	€/a
Sonstige Betriebskosten	14,96	%		107.218	€/a
<i>davon</i>					
Zündöl				-	€/a
Strombezug				55.681	€/a
Miete und Pacht				-	€/a
Maschinenmiete und Leasing				-	€/a
Prozessbetreuung und Beratung				15.031	€/a
Versicherungen, Beiträge und Abgaben				-	€/a
Berufsgenossenschaft				741	€/a
Sonst. Schmierstoffe und Betriebsmittel				7.948	€/a
Zinszahlungen				13.815	€/a
Buchführung und Verwaltung				-	€/a
Sonstiges				14.002	€/a
Gesamtkosten	100	%		716.693	€/a
Bilanz					
Gesamterlöse				21,07	ct/kWh
Stromgestehungskosten				17,60	ct/kWh
Betriebszweigergebnis				3,47	ct/kWh
Betriebszweigergebnis				141.146	€/a