



SENSOPOWER

Vergärung von Durchwachsener Silphie

-

Beurteilung mittels eines Gärtestes

In Kooperation zwischen

Energiepark Hahnennest GmbH & Co. KG

Hahnennest 100

88356 Ostrach

Und

SensoPower

Phytobiotics Futterzusatzstoffe GmbH

Wallufer Str. 10a

65343 Eltville

Ansprechpartner Versuch:

Versuchsbetreuung: Dipl. Ing. agr. (FH) Manfred Faatz und Dr. Angelika Konold-Schürlein

Versuchsbericht: Dr. Angelika Konold Schürlein

Phytobiotics Futterzusatzstoffe GmbH / SensoPower

Wallufer Str. 10a

65343 Eltville

Inhalt

1. Einleitung.....	3
2. Versuchsaufbau	3
3. Ergebnisse und deren Bewertung	4
3.1 Substratanalysen	4
3.2 Gaserträge in den Versuchsfermentern und Analysen der Fermenterinhalt	5
4. Fazit	6
5. Anhang: Einsatz von SensoPower in den Versuchsfermentern bei der Vergärung von Mais und Durchwachsener Silphie	8
6. Literaturverzeichnis:.....	9

1. Einleitung

Die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum*) gilt im Bereich der Biogassubstrate inzwischen als aussichtsreiche Alternative zum Mais (FNR, 2016). Der Energiepark Hahnennest betreibt eine Biogasanlage, in der schon seit einigen Jahren auch Durchwachsene Silphie zum Einsatz kommt. In Kooperation mit der Metzler & Brodmann KG wird die Pflanze angebaut und von der Metzler & Brodmann KG unter dem Markennamen "Donau-Silphie" auch vermarktet (EPH Energie 2017, Donau Silphie 2017).

Bisher gibt es nur wenige Versuchsergebnisse und Erfahrungen zur Vergärung von Silphie und den damit verbundenen Gaserträgen. Um genauere Kenntnisse über die Vergärbarkeit, mögliche Gasausbeuten und einen Vergleich zur Vergärung von Silomais zu erhalten, hat die Firma Phytobiotics Futterzusatzstoffe GmbH / SensoPower in ihren Versuchsfermentern verschiedene Gärtests mit Silomais und Durchwachsener Silphie durchgeführt.

2. Versuchsaufbau

Das Pflanzenmaterial für den Versuch wurde von der Biogasanlage Hahnennest zur Verfügung gestellt. Der Versuch fand in den vier Versuchsfermentern der Firma Phytobiotics Futterzusatzstoffe statt. Vom Energiepark Hahnennest wurden folgende Substrate bereitgestellt: Silomais (Ernte 2016), früh geerntete Silphie (Ernte 13. 8. 2016) und spät geerntete Silphie (Ernte 23.9.2016). Diese wurden in den vier Versuchsfermentern eingesetzt. Da das gleiche Pflanzenmaterial bereits in der Biogasanlage Hahnennest zum Einsatz gekommen ist und dort festgestellt wurde, dass der spätere Schnitzeitpunkt der Silphie zu einer höheren Gasausbeute führt, wurden mit diesem Material zwei der Versuchsfermenter besetzt (vgl. dazu auch Tabelle 1).

Zu Beginn des Versuches wurden von dem Pflanzenmaterial Analysen an die Landwirtschaftliche Kommunikations- und Servicegesellschaft mbH in Lichtenwalde (LKS) geschickt, um die theoretische Gasausbeute bestimmen zu lassen. Eine weitere Probe wurde an das Labor Atres in Freising geschickt, um die Gehalte an Spurenelementen in den Substraten analysieren zu lassen. Daneben wurden im Laufe des Versuches auch die Versuchsfermenter beprobt. Hierbei wurden die klassischen Parameter für Gärsubstratanalysen, wie beispielsweise pH-Wert, Gehalte an kurzkettigen Fettsäuren und Gehalte an Spurenelementen analysiert. Alle Fermenter wurden mit der gleichen Menge an Spurenelementen versorgt (vgl. Tabelle 1). Die Versuche wurden am 6.12.2016 begonnen und am 12.1.2017 beendet.

Tabelle 1: Versuchsaufbau

Bezeichnung Versuchsfermenter	104	105	106	107
Substrat	Silomais, Ernte 2016	Silphie, Ernte 13.8.2016	Silphie, Ernte 23.9.2016	Silphie, Ernte 23.9.2016
Menge (g FS/Tag)	50	50	50	
Menge (goTS/Tag)	13,1	7,7	8,5	8,5
Gärtemperatur	42°C	43°C	45,1°C	45,1C
Zugabe von Spurenelementen	1 Mal/Woche	1 Mal/Woche	1 Mal/Woche	1 Mal/Woche

3. Ergebnisse und deren Bewertung

3.1 Substratanalysen

Alle drei eingesetzten Substrate wurden zu Versuchsbeginn bei der LKS auf Inhaltsstoffe und theoretische Gasausbeute sowie bei Atres auf Spurenelementgehalte untersucht. Die Ergebnisse finden sich in Tabelle 2. Die Werte sind jeweils bezogen auf die Frischsubstanz (FS), auf die Trockensubstanz (TS) sowie teilweise auch bezogen auf die organische Trockensubstanz (oTS) aufgeführt.

Tabelle 2: Übersicht LKS und Atres Analysen sowie zusätzliche eigene Berechnungen

		Silomais 2016		Silphie 13.8.2016		Silphie 23.9.2016	
		im kg Futter	pro kg TS	im kg Futter	pro kg TS	im kg Futter	pro kg TS
Trockensubstanz (LKS)	g	273	1000	174	1000	189	1000
	% der FS	27,3		17,4		18,9	
Rohasche	g	11	39	20	115	20	104
organische Trockensubstanz	% der TS		96%		89%		90%
Rohprotein	g	20	72	22	127	14	76
Rohfaser	g	57	208	52	296	77	405
Rohfett	g	8	29	5	26	6	31
Biogasausbeute (nach Baserga)	Liter / kg	153	562	96	553	105	555
Methanausbeute (nach Baserga)	Liter / kg	80	292	51	295	55	291
Methangehalt			52%		53%		52%
Gasertrag	l/kg oTS		584,8		624,9		619,4
Trockensubstanz (ATRES)	% der FS	29,4		16,2		19,1	
Kobalt	mg	0,04	0,2	0,03	0,2	0,04	0,2
Kupfer	mg	<1,42	<4,82	<0,79	<4,89	<0,92	<4,82
Eisen	mg	12,7	43,0	31,0	192,0	31,7	167,0
Mangan	mg	6,0	20,5	3,5	21,6	11,0	57,4
Molybdän	mg	0,2	0,6	0,18	1,1	0,1	0,5
Nickel	mg	0,1	0,3	0,1	0,7	0,1	0,5
Schwefel	mg	291,0	988,0	292,0	1810,0	274,0	1440,0
Selen	mg	<0,010	<0,034	<0,006	<0,035	<0,006	<0,034
Zink	mg	6,4	21,8	3,8	23,5	3,3	17,5

Besonders auffällig sind die großen Unterschiede zwischen dem TS-Gehalt des Mais und dem der Silphie. Sie liegen um rund 10%-Punkte auseinander. Obwohl die Silphie zu beiden Erntezeitpunkten nur einen TS-Gehalt von 16-19% aufweist, trat kaum Flüssigkeit aus dem Substrat aus. Die organische Trockensubstanz der Silphie weist mit rund 90% oTS etwas niedrigere Werte auf, als der Mais mit 96%. Gleichzeitig wurden in der Silphie auch deutlich höhere Rohfaserwerte festgestellt, als im Mais. Die Gehalte an Rohprotein und Rohfett sind vergleichbar, mit Ausnahme des deutlich höheren Rohproteingehaltes der früh geernteten Silphie. Die Biogas- und auch die Methanausbeute sollte laut den LKS-Analysen bezogen auf die TS in den drei Substraten vergleichbar sein (etwa 550-560 Liter Biogas/kg TS und ca. 290 Liter Methan/kg TS). Bezogen auf die oTS schnitt der Mais jedoch etwas schlechter ab, als die Silphie.

Gärttest Durchwachsene Silphie 2017

Bezüglich der Spurenelementgehalte wies die Silphie vor allem bei einem frühen Schnitzeitpunkt deutlich höhere Werte an Eisen, Molybdän, Nickel, Schwefel und Zink auf. Die später geerntete Silphie wies einen besonders hohen Manganwert auf.

3.2 Gaserträge in den Versuchsfermentern und Analysen der Fermenterinhalt

Alle vier Fermenter wurden täglich mit 50g FS Substrat beschickt (vgl. Tabelle 3). Dies entsprach je nach Substrat ca. 8-13g oTS. In Tabelle 3 sind die Ergebnisse der Gasmengen- und -qualitätserfassung aufgeführt und den errechneten, theoretischen Werten der LKS-Analysen gegenübergestellt. Der Mais und die früher geerntete Silphie wiesen im Versuch die höchsten Gaserträge auf und übertrafen auch die errechneten Werte der LKS-Analysen um über 30%. Die höchsten Gaserträge konnten bezogen auf die oTS mit der früh geernteten Silphie erzielt werden und lagen bei 840l/kg oTS. Werden die Werte nur auf die TS bezogen, liegen die Gaserträge der frühen Silphie etwa auf gleicher Höhe wie die des Mais. Unter Einsatz von Mais konnte ein Methangehalt von rund 52% erzielt werden. Dies stimmt auch mit den errechneten Werten des LKS überein (vgl. Tabelle 2 und Tabelle 3). Bei der Vergärung der Silphie konnten Methangehalte zwischen rund 51% und fast 54% erreicht werden. Während in den LKS-Analysen für die frühe Silphie die höheren Methangehalte errechnet wurden, wurde in den Versuchsfermentern mit der spät geernteten Silphie der etwas höhere Methangehalt erzielt.

Tabelle 3: Ergebnisse der Gasmengenmessung in den Versuchsfermentern

Bezeichnung Versuchsfermenter		104	105	106	107
Substrat		Mais (2016)	Silphie (13.08.2016)	Silphie (23.09.2016)	Silphie (23.09.2016)
tägl. Futtermenge	g FS/Tag	50	50	50	50
tägl. Futtermenge	g oTS /Tag	13,1	7,7	8,5	8,5
durchn.erzeugte Gasmengen	l/kg FS	207	129	117	115
	l/kg TS	759	743	620	607
	l/g oTS	0,79	0,84	0,69	0,68
	l/kg oTS	790	840	692	678
durchschn. Gasqualität	% Methan	52,4	51,4	53,6	52,4
	theor. Gasertrag laut LKS-Analysen	l/kg oTS	585	625	619
Abweichung (Versuchsfermenter - LKS-Analysen)	%	35	34	12	9

Die Beobachtungen bei der Gaserzeugung spiegeln sich auch in den Analysen der Fermenterinhalt wieder (vgl. Tabelle 4). Den niedrigsten Wert der oTS weist der Fermenter 105 auf, in dem die früh geerntete Silphie vergoren wurde. Ebenso ist in diesem Fermenter die Säureanreicherung nur gering. Daneben konnte im Fermenter 105 der höchste Gehalt an NH₄-N beobachtet werden. Diese Beobachtung deckt sich mit den Analysen des LKS, in denen die früh geerntete Silphie den höchsten Gehalt an Rohprotein aufwies. Der gleichzeitig verhältnismäßig geringe Anteil an Rohfaser in der früh geernteten Silphie führt offensichtlich zu einer guten und unkomplizierten Vergärbarkeit (vgl. Tabelle 2). Für den Fermenter 105 schien die Versorgung mit Spurenelementen ausreichend zu sein, während in den anderen Fermentern aufgrund der Säureanreicherung ein individueller Mangel vermutet werden kann. Interessanterweise kann jedoch kein direkter Rückschluss von den im Pflanzensubstrat analysierten Gehalten an Spurenelementen auf die Gehalte im Gärsubstrat erfolgen.

Gärtest Durchwachsene Silphie 2017

Daneben konnte die sehr gute Abbaubarkeit der Silphie im Biogasprozess bestätigt werden. Während das silierte Substrat eher verholzt und schlecht abbaubar wirkte, konnte bei den Ziehungen von Proben aus dem Fermenter beobachtet werden, dass das Gärsubstrat sehr flüssig war und kaum un- abgebautes Ausgangssubstrat enthielt.

Tabelle 4: Analysen der Gärsubstrate aus den Versuchsfermentern

Bezeichnung Versuchsfermenter		104	105	106	107
Substrat		Mais (2016)	Silphie (13.08.2016)	Silphie (23.09.2016)	Silphie (23.09.2016)
Probenahmedatum		12.01.2017	12.01.2017	12.01.2017	12.01.2017
pH		8,0	8,2	8,3	8,2
TS	% OS	8,5	8,0	8,5	9,8
oTS	% OS	6,6	6,0	6,5	7,7
	% TS	78,0	74,3	75,7	78,5
Essigsäure	mg/l	602	277	926	1229
Propionsäure	mg/l	3509	<40	1492	1208
Iso-Buttersäure	mg/l	76	<55	<55	<55
Buttersäure	mg/l	<40	<40	<40	<40
Iso-Valeriansäure	mg/l	48	<40	<40	<40
Valeriansäure	mg/l	<40	<40	<40	<40
Gesamtsäure	mg/l	4235	277	2418	2437
NH ₄ N	mg/l	3524	3937	3417	3652
FOS	mg/l	6359	3899	5446	5516
TAC	mg/l	19351	22535	22011	21953
FOS/TAC		0,33	0,17	0,25	0,25
Cobalt	mg/kg OS	0,08	0,10	0,10	0,11
Kupfer	mg/kg OS	5,01	4,83	5,41	6,46
Eisen	mg/kg OS	86,4	94,0	103	113
Mangan	mg/kg OS	22,9	20,7	26,4	30,3
Molybdän	mg/kg OS	0,22	0,25	0,26	0,28
Nickel	mg/kg OS	0,41	0,69	0,98	0,59
Schwefel	mg/kg OS	369	375	394	455
Selen	mg/kg OS	0,048	0,051	0,052	0,052
Zink	mg/kg OS	17,9	17,2	18,5	22,7

4. Fazit

Bisher gibt es im Bereich der Vergärung von Durchwachsener Silphie in Biogasanlagen nur wenig Erfahrung und kaum Daten. Die in den Versuchen beobachteten Gaserträge liegen deutlich über den bisher in der Literatur angegebenen Werten. So weist der Biogasertragsrechner des KTBL einen Gasertrag von 480 NI/kg oTS mit 58% Methan aus. Das entspricht einem Methanertrag von etwa 278 NI Methan/kg oTS. J. Köhler und R. Müller sprechen in Ihrer Anbauanleitung für Durchwachsene Silphie von einem Methanertrag in Höhe von 285 NI/kg oTS (J. Köhler und R. Müller, 2015). In dem vorliegenden Versuch wurde bei der Vergärung von Silphie ein Biogasertrag von 678 – 840 l/kg oTS erreicht. Dies entspricht Methanerträgen von 355-432 l/kg oTS. Damit konnten in den Versuchen bei der Vergärung

der Durchwachsenen Silphie um bis zu etwa 50% höhere Biogas- und Methanausbeuten als in der Literatur angegeben, erzielt werden.

Die sehr guten Gasausbeuten, eine gute Silierbarkeit und die Bildung von sehr wenig Sickersaft trotz niedriger TS-Gehalte sowie die gute Abbaubarkeit des optisch verholzt wirkenden Pflanzenmaterials lassen erwarten, dass die Durchwachsene Silphie eine sehr gute Alternative zum Einsatz von Mais in Biogasanlagen darstellt.

5. Anhang: Einsatz von SensoPower in den Versuchsfermentern bei der Vergärung von Mais und Durchwachsener Silphie

Nach Abschluss der eigentlichen Versuche für den Energiepark Hahnnest wurden in den Fermentern 104 (Mais), 105 (frühe Ernte Durchwachsene Silphie) und 107 (späte Ernte Durchwachsene Silphie) zusätzlich zu den Spurenelementen noch SensoPower Hybrid eingesetzt. Der Fermenter 106 wurde zum Vergleich ohne den Zusatz von SensoPower Hybrid aber mit Spurenelementen weitergeführt.

In dem Produkt SensoPower Hybrid wird der Wirkstoff Sangrovit[®] mit einem Enzym kombiniert. Während Sangrovit das Wachstum der für den Biogasprozess wichtigen Mikroorganismen fördert, unterstützt das Enzym den Aufschluss der Substrate und macht die Nährstoffe für die Mikroorganismen so schneller verfügbar.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 dargestellt. Es zeigt sich deutlich, dass sowohl bei der Vergärung von Mais, als auch von Silphie die Gasausbeute deutlich gesteigert werden kann. Da es sich um einen Versuch im Labormaßstab handelt, wird das Prinzip des Durchflusses nicht perfekt eingehalten. In einer Praxisanlage fließt in etwa so viel Gärsubstrat aus dem Fermenter in den Nachgärer, wie neues Substrat zu gefüttert wird. In den Versuchsfermentern wurde lediglich in unregelmäßigen Abständen Gärsubstrat für Analysezwecke entnommen. Somit wurden in dem zweiten Versuchsteil sicher auch Pflanzenbestandteile abgebaut, die eine längere Verweilzeit benötigen und so die Gasausbeute zusätzlich erhöht.

Dass SensoPower Hybrid dennoch eine höhere Gasausbeute bewirkt zeigt sich beim Vergleich der Fermenter 106 und 107, die beide mit dem gleichen Pflanzenmaterial beschickt wurden. Durch die längere Verweilzeit konnte der Gasertrag in Fermenter 106 ohne den Einsatz von Hybrid noch einmal um 16% gesteigert werden, während im Fermenter 107 mit Einsatz von SensoPower Hybrid der Gasertrag sogar um 23% erhöht werden konnte. Noch deutlicher konnten die Gaserträge bei der Vergärung des Mais und der früh geernteten Silphie gesteigert werden (vgl. Tabelle 5).

Tabelle 5: Einfluss von SensoPower Hybrid auf die Gaserträge

Bezeichnung Versuchsfermenter		104	105	106	107
Substrat		Mais (2016)	Silphie (13.08.2016)	Silphie (23.09.2016)	Silphie (23.09.2016)
Einsatz von SensoPower Hybrid		X	X		X
tägl. Futtermenge	g FS/Tag	50	50	50	50
tägl. Futtermenge	g oTS /Tag	13,1	7,7	8,5	8,5
erzeugte Gasmenge ohne SensoPower Hybrid	l/kg FS	207	129	117	115
	l/kg oTS	790	791	792	793
erzeugte Gasmenge mit SensoPower Hybrid	l/kg FS	320	158	156	165
	l/kg oTS	1220	1027	919	976
Erhöhung des Gasertrages		55%	30%	16%	23%

6. Literaturverzeichnis:

FNR 2016: Durchwachsene Silphie gut für Bienen, Detlef Riesel 2016; http://biogas.fnr.de/2/service/presse/presse/aktuelle-nachricht/?tx_ttnews%5Byear%5D=2016&tx_ttnews%5Bmonth%5D=05&tx_ttnews%5Bday%5D=12&tx_ttnews%5Btt_news%5D=9044&cHash=5eb8b2779684911cf03ddc5ed97517ef (Abrufdatum: 1.2.2017)

EPH Energie 2017: <http://www.eph-energie.de/> (Abrufdatum: 1.2.2017).

Donau Silphie 2017: <http://donau-silphie.de/ueber-uns.html> (Abrufdatum: 1.2.2017).

KTBL 2017: Ertragsrechner Biogas; <http://daten.ktbl.de/biogas/showSubstrate.do?zustandReq=9#anwendung> (Abrufdatum 14.2.2017).

J. Köhler und R. Müller 2015: Anbauanleitung für die Aussaat von Durchwachsene Silphie *Silphium perfoliatum* L.