

Zucker- und Energierüben ganzjährig als Gärsubstrat in Biogasanlagen einsetzen – wie hoch sind die Verluste an Biogasertragspotenzial durch die Lagerung und Konservierung in Mieten und Silos?

Professorin Dr. Anke Schuldt, Dr. Regina Dinse, B.Sc. Stephan Wendt
Hochschule Neubrandenburg

Ob Rüben in Biogasanlagen als Gärsubstrat eingesetzt werden sollen, darüber muss nicht mehr diskutiert werden. Wie jedoch können die Zucker- oder Energierüben möglichst verlustfrei gelagert werden, damit sie über die Rübenkampagne hinaus für die Biogasgewinnung zur Verfügung stehen? In Mieten können die Rüben nur so lange gelagert werden, wie kein Frost die Zellstruktur zerstört und der Sickersaft und damit auch die energiereichen Inhaltsstoffe austreten und damit verloren gehen. Offene und abgedeckte Lagunen werden angelegt, in denen zerkleinerte Rüben silieren. Ganze Rüben werden in Großsilos eingelagert und mit Folie abgedeckt oder in Schläuchen siliert. Der Sickersaft tritt auch hier aus und muss aufgefangen und in die Biogasanlage überführt werden, um die Verluste gering zu halten. HEILMANN (2012) untersuchte das Biogaspotenzial von frischen und silierten Zuckerrüben. Bei optimaler Gestaltung eines Folienbeckens werden die Silierungs- und Lagerverluste von Zuckerrüben in der Größenordnung von Silomais geschätzt. Der Verlust aus der Deckschicht einer offenen Lagune belief sich auf über 60 %, in der mittleren und unteren Schicht auf über 10 %. WEIßBACH et al. (2012) beziffern den Verlust in der Deckschicht offener Beheälter auf 56 % der organischen Trockensubstanz (oTS).

Zucker- und Futterrüben, die in der Hochschule Neubrandenburg ohne Blatt im Laborversuch siliert wurden, waren im Durchschnitt der Jahre 2010 und 2011 hinsichtlich des Methanbildungspotenzials bezogen auf die Trockenmasse dem Silomais nahezu ebenbürtig (Tab. 1). Bei dieser Silierung beschränkten sich die Silierverluste allerdings auf den geringen Anteil der Gärverluste, die bei ca. 1 % lagen. Der gesamte Sickersaft verblieb im Laborglas, sodass das Gasbildungspotenzial der gehäckselten und silierten Rübenmasse ermittelt werden konnte.

Tabelle 1: Methanbildungspotenzial von Rübensilage im Vergleich zu Maissilage

Silage	Anzahl	FoTS	Methanbildungs- potenzial	relativ
	Proben	g/kg TSk	l/kg TSk	%
Mais	76	824	346	100,0
Zuckerrüben	17	865	331	97,7
Futterrüben	8	868	329	95,6

Um den Energieverlust der Rüben durch Lagerung und Konservierung quantifizieren zu können, wurden im Jahr 2011 zeitgleich mit der Einlagerung in Mieten bzw. der Silierung aus 4 Betrieben in Mecklenburg-Vorpommern Zucker- und Futter- bzw. Energierüben im Labor der Hochschule Neubrandenburg siliert. Da in den Gläsern nur o.g. Verluste durch Austritt von CO₂ während der Gärung zu erwarten waren, sollten die „Laborsilos“ die Vergleichsbasis zu den Mieten und Silos in den Betrieben bilden. Der Sickersaft und die Rüben in den Mieten wurden im Verlauf der Lagerung beprobt. Die silierten Rüben wurden bei Öffnung der Silos untersucht.

Die Berechnung der korrigierten Trockensubstanz (TSk) und der Fermentierbaren organischen Substanz (FoTS) sowie des Methanertragspotenzials erfolgte nach WEIßBACH (2008-2011). Neben dem Milchsäuregehalt wurden der Essigsäuregehalt (Fettsäuregehalt) und von den Alkoholen der Ethanolgehalt enzymatisch bestimmt.

Von den frischen Rüben wurden die relevanten Nährstoffgehalte ermittelt (Tab. 2). Die Bezeichnung „Energierübe“ wurde von den Betrieben übernommen. Der korrigierte TS-Gehalt zeigt jedoch, dass es sich um keine definierten Sorten handelt. Im Betrieb B werden in einem mehrjährigen Sortenvergleich Zucker- und Futterrüben auf den möglichen Biogasertrag untersucht. Es handelt sich dabei um 5 Sorten Zucker- und 3 Sorten Futterrüben. Die Energierübe aus dem Betrieb A gleicht den Zuckerrüben aus Betrieb B, während der Betrieb D Energierüben für die Biogaserzeugung mit einem TS-Gehalt einsetzt, der dem der Futterrübensorten aus dem Betrieb B entspricht. Im Rohfasergehalt (XF) liegen alle Rüben bei ca. 4 – 5 % der TSk. Der hohe Rohaschegehalt (XA) der Rüben aus dem Betrieb B ist darauf zurückzuführen, dass diese Proben im Rahmen des Sortenversuches per Hand und bei schlechtem Wetter geerntet wurden.

Tabelle 2: Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der frischen Rüben

Betrieb, Probe Datum der Probenahme	TSk	XF	XA
	in %	in % TSk	in % TSk
A Zuckerrüben 19.10.11	25,2	4,2	4,4
A Energierüben 19.10.11	22,9	3,9	5,3
B Zuckerrüben 01.12.11	24,6	4,8	10,5
C Zuckerrüben 06.12.11	24,4	4,3	3,8
D Zuckerrübe 07.11.11	24,4	4,2	5,3
B Futterrüben 30.11.11	17,4	4,3	7,3
D Energierüben 20.12.11	18,7	4,5	3,5

In den 4 Betrieben wurden die Rüben zeitweise in Mieten gelagert. Von den Zuckerrüben wurden die FoTS und das Biogaspotenzial im Abstand von ca. 4 Wochen ermittelt (Tab. 3). Der TSk-Gehalt änderte sich im Verlauf der Lagerung in den Mieten nur unwesentlich und liegt zwischen 23 und 25 %. Von den mindestens 4 Wochen gelagerten Rüben wurde der Ethanolgehalt analysiert, der jedoch nur bei den Rüben aus Betrieb A eine erwähnenswerte Größe erreichte. Das Methanertragspotenzial liegt über alle untersuchten Proben bei ca 346 l/kg TSk.

Tabelle 3: Trockenmassegehalte und Gasbildungspotenzial von Zuckerrüben bei Lagerung in Mieten

Betrieb, Datum der Probenahme	TSk	Ethanol	FoTS	Methanertragspotenzial
	in %	g/kg FM	g/kg TSk	l/kg TSk
A 30.11.11	24,7	4,7	921	347
C 17.01.12	23,7	0,4	916	344
D 30.11.11	24,7	1,3	926	348
D 10.01.12	22,8	0,02	925	347

Um das Energieertragspotenzial siliierter Rüben aus der FoTS schätzen zu können, ist die Erfassung des Ethanols und der Gärsäuren sowie der ADF oder Rohfaser sowie Rohasche erforderlich (WEIßBACH, 2009). Im Betrieb A wurde der Sickersaft, der aufgefangen und in den Fermenter gepumpt wird, untersucht. Er enthält einen hohen Anteil Ethanol und Essigsäure (Tab. 4).

Tabelle 4: Gehalte der silierten Rüben an Ethanol und Gärsäuren

Probe	Datum	Ethanol	Milchsäure	Essigsäure
		g/kg FM	g/kg FM	g/kg FM
Betrieb A Energierüben				
Fahrsilo	03.07.12	1,5	3,3	3,2
Sickersaft	17.04.12	29.7	0.5	6.5

Labor		51,1	4,8	0,1
Betrieb D Energierübe				
Lagune	23.03.12	3,6	4,4	4,3
Labor		16,7	8,1	1,4

Auf der Basis der Formeln nach WEIßBACH (2008-2011) wurde der zu erwartende Methanertrag berechnet (Tab. 5). Von frischen und in Mieten gelagerten Rüben (Zucker-, Futter- und Energierüben) wurde ein Ertragspotenzial von 333 - 346 l Methan pro kg TS_k ermittelt. Verbleibt der Sickersaft im Siliergut (Laborsilos), ist ein Ertragspotenzial von 332-339 l Methan/ kg TS_k zu erwarten. Durch den Sickersaftaustritt und damit entstehende Verluste an Ethanol und Gärssäuren sinkt das Ertragspotenzial bei der Silierung der Zucker- und Futterrüben auf ca. 284 – 300 l Methan pro kg TS_k. Der Sickersaft liegt im möglichen Biogasertrag mit ca. 360 l Methan/kg TS_k im Bereich der in Mieten gelagerten Rüben.

Tabelle 5: Gehalte an FoTS sowie Biogasertragspotenzial der Rüben (frisch, in Mieten gelagert, siliert)

	Datum Probenahme	FoTS	Methanertrags- potenzial
		in g/kg TSk	in l/kg TSk
Zuckerrüben, Betrieb C			
frisch	06.12.11	922	346
Miete	17.01.12	917	344
Energierüben			
Betrieb A			
frisch	19.10.11	918	344
Miete	17.04.12	884	333
Sickersaft	17.04.12	929	362
Fahrsilo	03.07.12	755	284
Labor		884	332
Betrieb D			
frisch	20.12.11	924	341
Lagune/Silo	23.03.12	795	300
Labor		868	339

Um die Verluste an Biogaspotenzial durch Lagerung in der Miete und die Konservierung im Silo zu ermitteln, wird das Gaspotenzial der silierten Rüben den frischen und den im Labor silierten Rüben gegenübergestellt (Tab. 6). Dabei wird in der linken Spalte das ermittelte Methanertragspotenzial der im Labor silierten Rüben und in der rechten Spalte das Ertragspotenzial der frischen Rüben = 100% gesetzt.

Bei der Lagerung in der Miete ist mit 99,5 bzw. 96,3 % Methanertrag gegenüber dem frischen Ausgangsmaterial ein relativ geringer Verlust zu verzeichnen. Es wird hier angenommen, dass die Rübenlagerung im Betrieb C wie in einer Miete erfolgte, da der Zeitpunkt der Entnahme und der Gehalt an Gärssäuren und Ethanol darauf hinweisen, dass die Rüben noch nicht siliert waren.

Der Gärverlust bei der Silierung der Rüben in den Laborgläsern ist auf das Entweichen von CO₂ durch die Vergärung des Zuckers zurückzuführen und wird der Biogasbildung deshalb nicht zugerechnet. Es wurden nur minimale Verluste ermittelt. Es wird davon ausgegangen, dass es zu keinem Verlust an Biogaspotenzial durch Entweichen von Ethanol oder Gärssäuren kommt, da der Sickersaft in den Gläsern verbleibt. Wie hoch das Ertragspotenzial im Sickersaft ist, wird in Tabelle 5 gezeigt. In den silierten Rüben aus den Fahrsilos bzw. der Lagune, aus der der Sickersaft abgepumpt wird, verbleibt

ein Methanertragspotenzial von ca. 79-89 % des Siliergutes incl. Sickersaft in den Laborsilos (Tabelle 6). Im Vergleich zu den frischen Rüben ist bei der Silierung ein Ertragspotenzial von 105 % im Sickersaft zu erwarten. Dies ist im Wesentlichen auf den deutlich geringeren Rohfaser- und -aschegehalt im Sickersaft zurück zu führen. Die silierten Rüben ohne Sickersaft enthalten nur noch 82 bis 88 % des Methanertragspotenzials der frischen Rüben.

Tabelle 6: Vergleich des Methanertragspotenzials bei der Lagerung in einer Miete und durch Konservierung im Silo

	Methanertragspotenzial im Vergleich	
	zu im Labor silierten Rüben	zu frischen Rüben
	in %	in %
Zuckerrüben, Betrieb C		
frisch		100
Miete	99,9	99,5
Labor, siliert	100	99,6
Energierüben		
Betrieb A		
frisch		100
Miete	91,8	96,3
Sickersaft	100,3	105,2
Fahrsilo ohne Sickersaft	78,6	82,5
Labor, siliert	100	105,0
Betrieb D		
frisch		100
Lagune ohne Sickersaft	88,5	87,9
Labor, siliert	100	99,3

Schlussfolgerungen

Die gute Übereinstimmung der Daten, die mit Ausgangsmaterial von verschiedenen Betrieben und Standorten in Mecklenburg-Vorpommern erhoben wurden, lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

1. Die Ergebnisse der Untersuchungen von Zuckerrüben und sogenannter Energierüben ergaben ein Methanertragspotenzial auf annähernd gleichem Niveau.
2. Die geringsten Verluste an Methanertragspotenzial ergaben sich bei der Lagerung der Rüben in Mieten. Es ist jedoch zu beachten, dass in Mieten keine Langzeitlagerung mit Frostperioden möglich ist.
3. Bei der Silierung von Rüben im Fahrsilo oder in der Lagune, bei der das Siliergut abgedeckt wurde, treten Silierverluste durch den Austritt von Sickersaft auf.
 - a. Die silierten Rüben enthalten ein Methanbildungspotenzial von ca. 85% des Gesamtmaterials (Rüben und Sickersaft).
 - b. Der Sickersaft enthält Ethanol und Gärsäuren in so hoher Konzentration, dass aus dem Sickersaft ein Methanertrag auf dem Niveau des unsilierten frischen oder in Mieten gelagerten Ausgangsmaterials zu erwarten ist.

Literaturnachweis

- HEILMANN, HUBERT (2012): Bewertung der Zuckerrübe als Rohstoff für die Biogasproduktion. Gülzow, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei
- WEIßBACH, FRIEDRICH (2008a): Die Korrektur des Trockensubstanzgehaltes von Silagen als Substrat für Biogasanlagen. 120. VDLUFA-KONGRESS, Sitzung „Tierische Produktion und Futtermittel“, 16.-19. September 2008, Jena, Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
- WEIßBACH, FRIEDRICH (2008b): Zur Bewertung des Gasbildungspotenzials von nachwachsenden Rohstoffen. Landtechnik 63, (6): 356-358a
- WEIßBACH, FRIEDRICH (2009a): Das Gasbildungspotenzial von Halm- und Körnerfrüchten. Landtechnik 64, (5): 317-321
- WEIßBACH, FRIEDRICH (2009b): Wie viel Biogas liefern Nachwachsende Rohstoffe? Neue Landwirtschaft, (11): 107-112
- WEIßBACH, FRIEDRICH (2010a): Das Gasbildungspotenzial von pflanzlicher Biomasse bei der Biogasgewinnung. 122. VDLUFA-KONGRESS, Sitzung „Tierische Produktion und Futtermittel“, 21.-24. September 2010, Kiel, Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
- WEIßBACH, FRIEDRICH (2010b): Der Ausnutzungsgrad von Substraten bei der Biogasgewinnung. NAWARO 4, (3)
- WEIßBACH, FRIEDRICH (2011): Die Bewertung von nachwachsenden Rohstoffen als Substrate für die Biogasproduktion. Vortragstagung "Pflanzenbau aktuell" 2011, 24.01.2011. Bernburg-Strenzfeld, Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt
- WEIßBACH, FRIEDRICH und STRUBELT, CORNELIA (2008): Die Korrektur des Trockensubstanzgehaltes von Grassilagen als Substrat für Biogasanlagen. Landtechnik 63, (4): 210-211a
- WEISSBACH, FRIEDRICH ; PARR, KLAUS; REINSORF, U.; WARNKE-GURGEL, CHRISTINA und LOSAND, BERND (2012): Untersuchungen zur Zuckerrübensilage an der Lagune im Gut Dummerstorf 2012, Vortrag auf dem Strube-Biogastag in Dummerstorf, 30.10.2012



Einlagerung der ganzen Rüben in ein Fahrsilo, zuvor werden die Steine ausgesondert, ca. 7 m Stapelhöhe



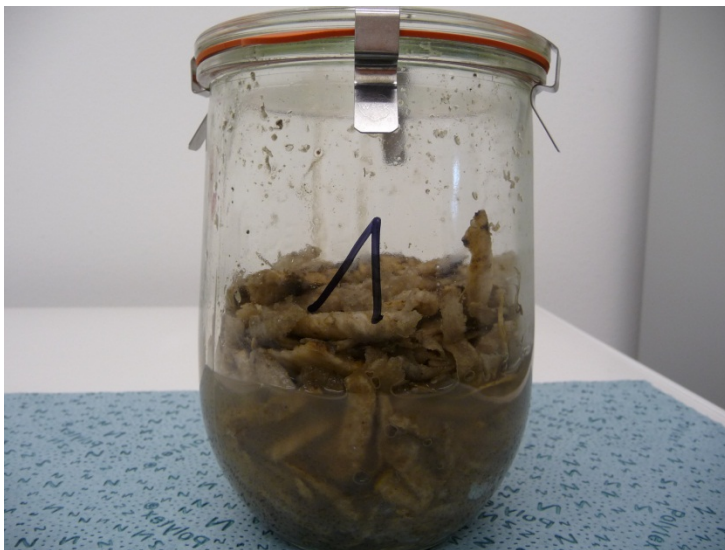
Silierte Rüben, Stapelhöhe auf ca. 3 m gesackt



Entsteinen und Bröckeln der silierten ganzen Rüben vor dem Einbringen in die Biogasanlage



Rüben im Labor, frisch einsiliert



Rübensilage im Labor