

Labor- und Praxisversuche durchgeführt

Zuckerrüben und Stroh gemeinsam silieren?

Versuche in der Praxis und parallel unter normierten Bedingungen im Labor haben gezeigt, dass Mischsilagen aus Stroh und Zuckerrüben möglich sind und vielversprechende Methanerträge aufweisen. Allerdings gibt es einiges zu beachten.

Zuckerrüben werden schon seit einigen Jahren verstärkt in Biogasanlagen eingesetzt. Ihre Vorteile sind bekannt: schnelle Umsetzung im Fermenter, fast vollständige Abbaubarkeit, da kein Lignin vorliegt, bei sonst sehr TS-reichen Fermenter-inhalten eine Wohltat (TS-Gehalt und Viskosität sinken). Offene Fragen gibt es jedoch immer noch in den Bereichen Reinigung und ganzjährige Verfügbarkeit. Um letztere Frage zu beantworten, gibt es schon einige Möglichkeiten: zum Beispiel gemusste Zuckerrüben in Lagunen oder Hochbehältern einsilieren, ganze Zuckerrüben auf der Siloplatte einsilieren, Mischsilagen mit Mais.

Zuckerrüben werden in klassischen Ackerbauregionen angebaut. Dort fällt oft auch Stroh an. Stroh hat ein hohes Methanbildungspotenzial, doch ist es nur schwer nutzbar. Der Grund liegt darin, dass die



Silierungsversuche im Weckglas. Links Zuckerrüben ohne Stroh, rechts mit 9 % Stroh. Wichtig sind eine gleichmäßige Verteilung des Strohs und eine gute Verdichtung.

wertgebenden Zellulosen und Hemizellulosen fest von Lignin umschlossen sind. Lignin ist unter anaeroben Bedingungen im Fermenter nicht abbaubar. So kommen die Bakterien im Fermenter nicht an die Zellulosen und Hemizellulosen heran. Das Stroh muss also aufgeschlossen werden. Dies kann zum Beispiel

durch sehr feines Vermahlen auf unter 0,5 cm erfolgen. Der Energieaufwand dafür ist jedoch recht hoch, sodass es sich in der Regel nicht lohnt. Andere Möglichkeiten des Aufschlusses sind chemische Verfahren: alkalisch oder mit Säuren. Zudem bildet Stroh im Fermenter oft Schwimmschichten, da es durch eingeschlossene Luft sehr leicht ist.

Praxisversuch

In einem Versuch wurde parallel in der Praxis und im Labor untersucht, ob Mischsilagen aus Zuckerrüben und Stroh praktikabel sind und wie hoch ihr Methanbildungspotenzial ist. Zudem sollte herausgefunden werden, welches Mischungsverhältnis der beiden Silierpartner am sinnvollsten ist.

Dazu wurde an der Biogasanlage von Karl-Wilhelm Rave in Ausacker, Kreis Schleswig-Flensburg, im vergangenen Winter eine Zuckerrüben-Stroh-Silage angelegt. Die Zuckerrüben wurden gewaschen und ge-

schnitzelt (maximal faustgroße Stücke) und gemeinsam mit Weizenstroh einsiliert. Die gewaschenen Zuckerrüben hatten einen Trockensubstanzgehalt von 21 %, das Stroh hatte 89 % TS. Das Stroh wurde mit einer Rotogrindmühle (Hammermühle) grob gemahlen (1 bis 15 cm). Durch das Mahlen wurde es stark zerrieben, regelrecht aufgesplissen. Es wurden 40,6 t Zuckerrüben mit 3,8 t Stroh siliert. Das entspricht 8,6 % Stroh. Als unterste Lage (etwa 20 cm, festgefahren) wurde reines Stroh ohne Zuckerrüben gelegt. Das Mischen der beiden Komponenten ist schwierig. Hier bedarf es noch Ideen. Eine Möglichkeit ist zum Beispiel das Mischen mit einem Miststreuer mit vertikalen Walzen, in den beide Komponenten im festgelegten Mischungsverhältnis hineingegeben werden. Für den Versuch wurden die beiden Substrate mit dem Radlader auf der Silierfläche gemischt. Dies ist aber nicht ideal: Es entstehen reine Strohnester, die dann nicht durchfeuchtet werden. Dementsprechend kann an diesen Stellen nicht der erhoffte Aufschluss des Strohs erfolgen. Zudem verbleibt dann zu viel Luft in dem Silagestapel. Dadurch kommt es durch Veratmung zu hohen Silierverlusten.

Der Stapel wurde angewalzt und sehr gut mit Silierfolie und einer zusätzlichen Schutzfolie abgedeckt so-

Tabelle: Gärtestergebnisse der untersuchten Zuckerrüben-Stroh-Silagen

Variante	TS ¹	erwartet		erhalten	
		Nm ³ CH ₄ /t FS	Nm ³ CH ₄ /t FS	Nm ³ Biogas/t FS	% CH ₄
Zuckerrüben, frisch	20,7	-	75	153	49
Stroh, frisch	88,9	-	225	437	52
100 % ZR ² , siliert	11,0	75	77	132	58
94 % ZR 6 % Stroh	20,7	84	87	170	51
91 % ZR 9 % Stroh	22,9	89	91	178	51
88 % ZR 12 % Stroh	23,5	93	98	186	53

¹ TS-Gehalte nicht säure- und alkoholkorrigiert; ² ZR = Zuckerrüben



Anlegen der Zuckerrüben-Stroh-Silage in der Praxis. Die Staubentwicklung beim Stroh mahlen kann durch leichtes Anfeuchten reduziert werden. Unten rechts: fertige Silage nach acht Wochen.

wie mit Reifen und an den Rändern komplett mit Sandsäcken beschwert. Die Silage blieb acht Wochen geschlossen. Eine zweite Silage (100 t) mit gleichem Mischungsverhältnis wurde einige Zeit später angelegt, um über möglichst lange Zeit die Silage in den Fermenter zu füttern und erste Aussagen über die Wirkung geben zu können.

Versuche im Labor

Parallel zum Praxisversuch wurden im Labor der T&B – Die Biogasoptimierer GmbH standardisierte Silierversuche in Weckgläsern angelegt. Es wurden Zuckerrüben ohne Stroh und in drei verschiedenen Mischungsverhältnissen mit Stroh (6 %, 9 %, 12 % Stroh) einsiliert. Zur Absicherung wurden die Silierversuche in Doppelbestimmung durchgeführt. Die Silagen wurden dunkel zehn Wochen bei 20 °C fest verschlossen gehalten. Die Silierverluste waren bei den Varianten mit 6 % und mit 9 % Stroh mit 1,7 %, bezo-

gen auf die Frischsubstanz, sehr niedrig. Die Mischung mit 12 % Stroh hatte einen Verlust von 3,6 %. Die reinen Zuckerrübensilagen hatten Silierverluste von 12 %. Der pH-Wert der fertigen Laborsilagen lag bei allen Varianten (Zuckerrüben solo und Mischungen mit Stroh) bei pH 3,5 bis pH 3,6.

Die TS-Gehalte (TS-Gehalte nicht säure- und alkoholkorrigiert) der Laborsilagen lagen zwischen 21 und 23,5 %. Die Silagen wurden einem Batch-Gärttest (Hohenheimer Biogasertragstest nach VDI 4630) unterzogen. Die Gärttests wurden in Dreifachbestimmung durchgeführt. Die Tests liefen 35 Tage bei 37 °C. Um die erwarteten Methanerträge berechnen zu können, wurden auch die frischen Zuckerrüben und das Stroh einzeln im Gärttest analysiert.

Das Stroh alleine hatte im Gärttest ein Methanbildungspotenzial von 225 Nm³ CH₄/t FS. Das wird in der Praxis aber ohne aufwendige Aufschlüsse nicht erreicht. Die nicht silierten Zuckerrüben erreichten 75 Nm³

CH₄/t FS, die silierten Zuckerrüben lagen auf gleichem Niveau. Allerdings hat das Biogas der silierten Rüben einen deutlich höheren Methangehalt (58 gegenüber 49 %). Anhand der beiden unsilierten Monovarianten lassen sich für die Mischungen Erwar-

tungswerte errechnen. Diese steigen mit höheren Strohanteilen an. Alle drei Mischungsvarianten konnten die Erwartungswerte erfüllen und sogar tendenziell leicht übertreffen. Es gibt also einen Hinweis auf einen Koeffizienten oder darauf, dass die aggressiven Säuren der silierten Zuckerrüben das Stroh etwas aufgeschlossen haben. Aus Beobachtungen beim Einsilieren ganzer Zuckerrüben ist bekannt, dass erst nach zirka 14 Tagen massiv Säuren entstehen. Das bedeutet also, dass das Stroh der Versuchsilagen nicht von Anfang an der Säureeinwirkung ausgesetzt war. Es ist also gut möglich, dass bei längerer Lagerung der Silagen ein besserer Strohaufschluss stattfindet. Das Gesamtniveau des Methanbildungspotenzials der Zuckerrüben-Stroh-Silagen liegt mit 87 bis 98 Nm³ CH₄/t bei 80 % (Variante mit 6 % Stroh) bis 90 % (Variante mit 12 % Stroh) des Methanertrages einer durchschnittlichen Mais-silage mit 33 % TS. Die Praxis-silage von Karl-Wilhelm Rave erreichte 88 Nm³ CH₄/t und bestätigt somit die Laborergebnisse.

Die reinen silierten Zuckerrüben sind nach zirka zehn Tagen fast vollständig abgebaut. Dies ist dem Gärverlauf (Grafik) zu entnehmen. Die Mischsilagen geben mit steigendem Strohanteil auch nach zehn Tagen noch Gas ab – die Summenkurven in der Grafik steigen auch nach Tag 10 etwas an. Das Stroh braucht länger, um abgebaut zu werden.

Die Praxissilagen hatten Silierverluste von 15 %. Etwa die Hälfte geht dabei auf das Konto von Sickersäften – ein Zeichen dafür, dass der Strohanteil etwas höher hätte sein können. Die Sickersäfte müssen aufgefangen und dem Fermenter zugeführt werden, denn sie sind sehr energiereich. Die Praxissilagen waren frei von Verderbnis. Die Zuckerrübenschrottel waren glasig und voll durchsiliert. Das Stroh war weitgehend durchtränkt und wirkte angegriffen (glasiges, etwas pergamentähnliches Aussehen). Es kam nicht zu

Nacherwärmungen. Von der Zuckerrüben-Stroh-Silage wurden täglich 2 bis 3 t gefüttert (zwei Monate Einsatzzeit). Ansonsten gelangte ausschließlich Maissilage in den Fermenter der 600-kW-Biogasanlage. Die Gesamtration lag bei 33 t. Die Silage ließ sich gut dosieren und bereitete im Schubodensierer und den Schnecken keine Probleme. Es bildeten sich im Fermenter keine Schwimmschichten. Um Aussagen über Veränderungen des TS-Gehalts und der Viskosität im Fermenter machen zu können, war die Einsatzmenge zu gering. Es gab aber keine Auffälligkeiten.

Tipps und Fazit

Mischsilagen aus Zuckerrüben und Stroh sind eine Möglichkeit, um
 a) Zuckerrüben ganzjährig zur Verfügung zu stellen und
 b) bisher ungenutztes Stroh für die Gewinnung von Biogas zu nutzen. Die Versuche haben gezeigt, dass der Methanertrag der Mischsilagen den Erwartungen gerecht wird. Eine Zuckerrüben-Stroh-Silage gelingt nur, wenn sehr sorgfältig vorgegangen wird. Das Stroh sollte vermahlen

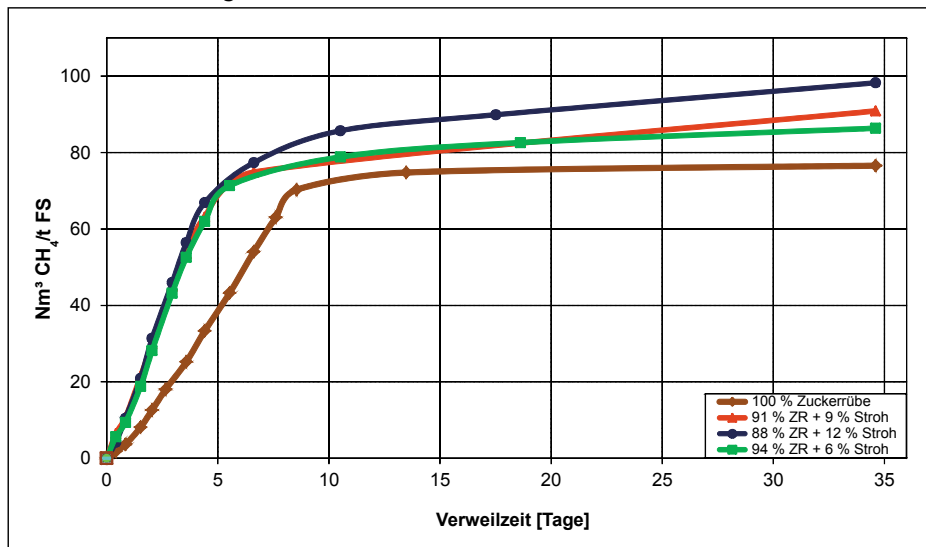
werden. Um einer Staubentwicklung beim Mahlen etwas vorzubeugen, können die Ballen vorher leicht angefeuchtet oder unabgedeckt gelagert werden. Die Zuckerrüben sollten gewaschen sein, damit nicht zu viele säurepuffernde Substanzen in den Silagestock gelangen und die Silage dadurch verdirbt. Die beiden Komponenten müssen sehr gleichmäßig gemischt werden. Das Mischungsverhältnis richtet sich nach dem TS-Gehalt der Rüben und der Höhe des Fahrsilos. Je feuchter die Rüben und je höher das Silo, desto mehr Stroh. Der Strohanteil sollte nicht unter 9 % liegen und 12 % nicht übersteigen. Eine Unterlage aus Stroh hat sich bewährt, damit anfallende Sickersäfte aufgefangen

werden. Da das Stroh mit den Säften der Zuckerrüben vollgesogen ist, verringert sich die Gefahr der Bildung von Schwimmschichten im Fermenter, wie sie sonst beim Einsatz von Stroh auftreten. Es sollte in der Planung aber vorerst von maximal 15 % Zuckerrüben-Stroh-Silage in der Ration ausgegangen werden, um keine bösen Überraschungen zu erleben. Es bedarf noch weiterer Versuche in der Praxis, bevor richtig große Fahrsilos angelegt werden. Als Nächstes soll eine Silage mit zirka 500 t angelegt werden. Wer bereits Erfahrungen mit Zuckerrüben-Stroh-Silagen gemacht hat, kann sich gerne zum Gedankenaustausch an den Autoren wenden.

Björn Bugdahl

Grafik: Summenkurven des Methanertrags

Die silierten Zuckerrüben sind bereits nach zehn Tagen fast vollständig vergoren. Die Mischsilagen sind in den ersten Tagen sogar schneller, ihr komplettes Potenzial erreichen sie aber langsamer.



Informationstag von UniWind in Meldorf

Die Kleinwindbranche entwächst den Kinderschuhen

Die Firma UniWind GmbH aus Burg bei Magdeburg entwickelt und baut seit vier Jahren Kleinwindanlagen bis 30 kW. Die Firma präsentierte am vorigen Sonntag auf dem Milchviehbetrieb der Familie Bertsch bei Meldorf, Kreis Dithmarschen, eine 12-kW-Kleinwindanlage mit einer Gesamthöhe von 30 m. Es ist die erste UniWind-Anlage, die in Schleswig-Holstein aufgestellt wurde. Weitere Anlagen sind in der Bauphase. Technische Vorschriften, Probleme mit der Einspeisung ins vorhandene Netz und ein aufwendiges Genehmigungsverfahren waren immer wieder Hindernisse.

„Wir sind uns sicher, dass wir jetzt den Ansprüchen der Behörden, der Energieversorger und der Kunden gerecht werden“, sagt Kosta Andreu, Geschäftsführer der UniWind GmbH. Der wirtschaftliche Betrieb ist nur durch den Eigenverbrauch des durch die Anlage produzierten Stromes möglich. Familie Bertsch verbraucht mehr als 70 % des produzierten Stroms selbst. Durch diese Einsparung macht sich die Anlage in zirka zehn Jahren bezahlt. Die Themen Baugenehmigungsverfahren, Ertrag, Eigenverbrauch, Strompreis, Einspeisevergütung et cetera waren am Sonntag die Fragenschwerpunkte der 400 interessierten Besucher.



Kleinwindanlagen gewinnen zunehmend an Bedeutung. Foto: pm