

Substrat



Foto: Augustin

**Bildunterschrift Bildunterschrift
Bildunterschrift Bildunterschrift**

über dem Maissilo verteilt werden. Dafür ist eine trockene Maissilage günstig. Die Vorteile des Verfahrens:

- kein separates Silieren wird notwendig,
- durch den Mischeffekt verbessert sich die Gesamtgasausbeute,
- gute zeitliche Verteilung des hochwertigen Futters,
- kein zusätzliches Silo im Anschnitt,
- keine zusätzlichen Silierkosten,
- Maissilagen mit entsprechenden TS-Gehalten können das Sickerwasser der Rüben auffangen,
- evtl. Verbesserung des Silierprozesses des Mais aufgrund des Zuckers.

Rüben in den Fermenter?

Zuckerrüben könnten in vielen Biogasanlagen die Gärung verbessern. Sollen sie als Silage genutzt werden, ist allerdings eine aufwendige Verarbeitung nötig. Wie das funktioniert und wann es sich lohnt, zeigt Dirk Augustin.

Zuckerrüben weisen hervorragende Gäreigenschaften und hohe Gaserträge je ha auf. Daher liegt an Zuckerrübenstandorten ihr Einsatz in Biogasanlagen nahe. Die bisherigen Erfahrungen der erntenahen »Frischverfütterung« deuten aber auch auf den zusätzlichen täglichen Aufwand des Häckselns hin, außerdem schränkt die zeitlich begrenzte Lagerfähigkeit den Einsatz ein.

Um Rüben kontinuierlich einsetzen zu können, silierte das Versuchsgut der Universität Göttingen, Relliehausen, im vergangenen Jahr geschredderte Rüben zusammen mit Maissilage. Da die Inhaltsstoffe des Rübenkopfes neben der Energie die gewünschte puffernde Wirkung aufweisen, wurden die Rüben nicht geköpft, sondern nur entblattet. Um den Erdanhang über eine abgetrocknete Miete so gering wie möglich zu halten, sollte der Rodeter-

min mindestens eine Woche vor der Maisernte liegen. Ein Verladeband sorgte für eine weitere Reinigungsstufe, so dass der Erdanteil auf 5 bis 7 % geschätzt wurde. Ob die Erde durch Sinkschichten bei stärkerem Rübenanteil in der Fütterung Probleme bereiten wird oder dieser Anteil schluffiger Böden im Gärsubstrat schwebt, gehört zu den noch offenen Fragen.

Die Rüben füllte ein Radlader in einen Schredder. Die eigentlich für die Vergärung ausreichende gröbere Zerkleinerung wurde nicht gewählt, weil das Risiko der Verstopfung durch verbleibende Rübenköpfe zu groß erschien. Erfahrungen in anderen Anlagen werden hoffentlich zeigen, dass hier die einfachere gröbere Zerkleinerung mit geringerer Oxydation der Anschnittflächen ausreicht. Die breiigen Rüben könnten mit einem Radlader

Bei dem logistisch besonders für kleinere Anlagen herausfordernden Verfahren muss die Rübenkette parallel zur Maiskette organisiert werden. Schnell sind so bis zu acht Transport-, Lade- und Walzfahrzeuge notwendig. Die Stundenleistung der Rübensilierung richtet sich nach dem angestrebten Verhältnis zum Mais. Dabei gilt: Je trockener der Mais, desto höher kann der Anteil der Rüben sein.

Damit die hohen Fixkosten der Verfahrenskette aufgefangen werden, müssen unbedingt hohe Stundenleistungen realisiert werden. Hier haben größere Rübenschntzel wiederum Vorteile: Sie können in höheren Anteilen siliert werden. Auch die separate Silierung der Rüben führt zu einer besseren Auslastung und ermöglicht nebenbei den optimalen Erntetermin.

Wirtschaftlichkeit des Verfahrens. Die Kosten für die Mais- und Rübensilage zeigt die Übersicht. Für den Schredder müssen unter Berücksichtigung höherer Verschleißkosten wegen der Zuckerwasserbildung zwischen 140 und 180 € je Stunde gezahlt werden. Außerdem ist mit einem Radlader mit Fahrer (ca. 60 €/h), einem Überladeband (0,063 €/dt), einem Frontlader an der Rübensmiete und den auch beim Mais anfallenden Transportkosten vom Feld zum Silo zu rechnen. Das entstehende Rübenmus muss nicht zusätzlich gewalzt werden.

Bei den in Südniedersachsen auf guten Böden erzielbaren Erträgen können mit Rüben viel höhere Energieausbeuten erreicht werden. Frei Feld liegt die Rübe vorn, gerät aber durch die derzeitigen Verfahrenskosten ins Hintertreffen. Die Prozesskette bietet noch viel Optimierungspotential.

Bei einer Stundenleistung von 600 dt/h Rüben fallen 0,74 €/dt zusätzliche Kosten im Vergleich zum Mais an. Die kWh kostet 12% mehr. Allerdings wird man, abgesehen von großen Anlagen für über 200 ha Mais, bei 120 t/h Maisernteleistung deutlich weniger Rüben parallel einbringen können. Wir konnten lediglich 30 t Rüben je Stunde parallel zum Mais silieren. Dadurch erhöhten sich die zusätzlichen Kosten bis auf 1,27 €/dt.

Um alle Maschinen besser auszulasten und die Silierung zu entzerren, böte sich das Vorziehen um einen Tag an. Dafür müsste ausreichend befestigte Fläche zur Verfügung stehen. Problematisch könnte die schnelle Oxidation der Rübenmüsoberfläche sein. Auf der befestigten Fläche könnten auch die gerodeten Rüben vorgelagert werden. Denkbar wäre auch das Zerkleinern direkt im Silo mit fräsartigen Geräten. Hier wird sicherlich in den nächsten Jahren die Findigkeit der Landwirte kostengünstigere Lösungen zu Tage bringen.

In der rechten Spalte der Übersicht ist ein zusätzlicher Gaseffekt von 10% berücksichtigt, wie er durch Zuckerrüben als zusätzlicher Substratkomponente gegenüber bis dahin einseitiger Fütterung erzielt wird und vielfach in der Praxis gemessen wurde. Dann bestünde bei 730 dt/ha Rüben Kostengleichheit. Diese Ertragsrelation zu Mais dürfte an vielen Standorten, wie den kälteren Küstenregionen, aber auch an den Gunststandorten Süddeutschlands gegeben sein.

Das kosten Mais- und Zuckerrübensilagen

	Mais	ZR inkl. Köpfe 300 dt/h	ZR inkl. Köpfe 600 dt/h	ZR inkl. Köpfe +10% Gasertrag Erf. Ertrag
Ertrag in dt/ha	550	700	700	730
cbm Gas/ha	8 593	9 183	9 183	10 534
kWh/ha	44 685	48 672	48 672	55 834
Direktkosten	505	585	585	610
AEK* frei Feld	592	458	458	458
Summe DK** und AEK*	1 097	1 043	1 043	1 068
Kosten je kWh (Ct)	2,45	2,14	2,14	1,91
Erntekosten/ha	140	240	240	240
Abtransport/ha (1,5 km)	180	180	135	141
Walzen	60			
Frontlader/Radlader		140	70	73
Verladeband + Schl./ha		77	67	70
Schredder		350	175	183
Radlader		140	70	73
Kosten Feld – Silo/ha	380	1 127	757	779
Verf.kosten Schreddern/dt		1,27	0,74	0,74
Kosten frei Silo (o. NK)	1 477	2 170	1 800	1 847
Kosten/dt	2,69	3,10	2,57	2,53
Kosten/kWh (Ct)	3,31	4,46	3,70	3,31

* AEK=Arbeiterledigungskosten ** Direkte Kosten
Quelle: Europäischer Rat

Positive Effekte auf den Gärprozess. Zusätzlich weisen die Rüben einige geldwerte Vorteile auf: Die Rübe bringt einen positiven Fruchtfolgeeffekt mit. Besondere Bedeutung haben Rüben in Biogasanlagen, deren Gasproduktion noch nicht begrenzend wirkt. Hier können Rüben wegen der

höheren möglichen Faulraumbelastung und kürzeren Verweildauer zusätzliche Erträge erzielen. Kosten von 3,7 Ct für eine kWh (Übersicht) stehen in diesem Fall bei einem BHKW-Wirkungsgrad von 38% und einer Stromvergütung von 17 Ct/kWh den 6,46 Ct Stromerlöse gegenüber. Das

entspricht einer Verwertung der Rüben von 3 144 €/ha.

Außerdem ermöglicht die schnelle Gasproduktion eine bessere Feinststeuerung der Fütterung. Langfristig senkt eine geringere Verweildauer die Kapitalkosten, weil weniger Faulraum benötigt wird. Die Rühr- und Pumpfähigkeit verbessert sich, so dass der entsprechende Investitions- und Energieaufwand sinkt. Für die höhere Pufferkapazität der Rübensilage sind besonders Anlagen mit einer weniger stabilen Biologie dankbar. Nicht zuletzt senken Rüben das Risiko der Ertragschwankungen des Mais. Dem stehen die Nachteile der fehlenden Selbstverträglichkeit der Rüben und des Erdanhangs gegenüber. Folgende Ergebnisse lassen sich zusammenfassen:

- Wegen der höheren Verfahrenskosten ist die Energieerzeugung mit Rüben teurer als mit Mais.
- Rüben sind interessant, wenn wegen einer hohen Faulraumbelastung mit herkömmlichen Substraten das Gasverwertungspotential der Anlage nicht ausgeschöpft wird,
- wenn für sie günstige Standortbedingungen vorliegen,
- wenn sie bei bisher einseitiger Fütterung einen zusätzlichen Mischeffekt erzielen und
- das Anbaurisiko reduziert und der Arbeitsanfall entzerrt werden soll.

Rüben zu Biogas oder Zucker verwerten? Die Idee von Biogarrüben entstand vor zwei Jahren unter dem Eindruck nicht vermarktbarer Überrüben. Zwischenzeitlich hat sich die Situation entspannt. Heute müssen sich die Zuckerfabriken um die Rüben be-

mühen. Durch eine Branchenvereinbarung sind die Anbauer zur Ablieferung aller Rüben der angemeldeten Flächen verpflichtet. Verlieren Rübenanbauern dadurch interessante Verwertungsmöglichkeiten?

Füllen die Überrüben eine Futterlücke, die sonst nur mit teurem Getreide geschlossen werden könnte, ist ihr Einsatz eindeutig wirtschaftlich. Im üblicheren Fall, in dem Überrüben als Futterreserve den künftigen Maisanbau reduzieren, könnte stattdessen z.B. Winterweizen angebaut werden. Die Kosten der Überrüben müssen also mit denen in der Übersicht (1477 €/ha) und den Nutzungskosten der Fruchtfolge verglichen werden. Die Nutzungskosten hängen von Preisen ab, die zum Zeitpunkt der Entscheidung über die Rübenverwendung erwartet werden.

In der Grafik ist der für die Rüben zahlbare Preis bei Verwertung als Silage in Abhängigkeit vom Weizenpreis abgetragen. Sollten also im kommenden Herbst Weizenpreise von 18 €/dt für die nächste Ernte in Aussicht stehen, könnten Biogasanlagenbetreiber für Überrüben frei Feld bei kurzen Feldentfernungen bis zu 2,80 €/dt zahlen. Die Nordzucker zahlt z.B. etwa 2,92 €/dt für Ü1- und 2,32 €/dt für Ü2-Rüben. Der Einsatz von Überrüben – sofern sie anfallen und die rechtlichen Möglichkeiten bestünden – ist bei hohen Weizenpreisen für Rübenanbauer und Biogasanlagenbetreiber gleichermaßen interessant. Bei knappem Zuckerrübenanbau sind dies jedoch Gedankenspiele für wenige Regionen, die erst bei hoher Vorzüglichkeit von Quotenrüben wieder wichtiger werden.

Mehr Methan

Rüben erhöhen die Methanausbeute. Mit der Zuckerrübensilage (22,6 % TS, darin enthalten unter anderem 12,7 % stickstofffreie Extraktstoffe (NFE), 0,4 % Fett und 1,9 % Rohprotein) können nur 556 l/kg organische TS Gas mit 52 % Methan erzielt werden. Dabei ist die Kohlenstoffumsetzung in Methan nicht erfasst, diese beträgt aber bei Rüben 90% gegenüber 70% bei Mais. Daher liegen die Gasausbeuten deutlich über den Testergebnissen.

Die NFE bestehen bei Rüben überwiegend aus verdaulichem Zucker, während sie beim Mais schwerverdauliche Zellulose beinhalten. Die Erfahrungen in der Anlage lassen leider keine isolierten Aussagen zum Einsatz von Rüben zu. Erstaunlich war aber, dass der Wechsel zur Maisrübensilage trotz 17% geringerem TS-Gehalt gegenüber dem Vorjahresmais keine Futteranhebung erforderte. Dies kann am Einsatz der Rüben und/oder an der höheren Verdaulichkeit der feuchteren Silage liegen.

Fazit. Zuckerrüben eignen sich hervorragend als Substrat für Biogasanlagen. Ihre Silierung eröffnet Anlagenbetreibern die Möglichkeit, sie in größerem Maßstab zeitlich unbefristet einzusetzen. Aber die derzeit verfügbaren Verfahren sind noch nicht ausgereift und entsprechend teuer, so dass die Energie frei Silo gegenüber Mais teurer ist. Mit einer kostengünstigen Verfahrenskette kommt die Silierung besonders auf guten Zuckerrübenstandorten in Frage. Eine technische Weiterentwicklung der Rübenwäsche und Zerkleinerungstechnik würde das Einsatzspektrum der Biogarrübe nochmals erhöhen.

Für Neuanlagen können sich die Gärvorteile der Rüben in niedrigeren Investitionen auch monetär niederschlagen. Lässt sich in Altanlagen die verwertbare Gasmenge steigern, ohne dass dieses mit Mais gelingt, ist die Rübe in jedem Fall eine überlegenswerte Alternative.

Dr. Dirk Augustin, Leiter der Versuchswirtschaften, Universität Göttingen

➤ Gleichgewichtspreis Rüben – Getreide (in €/dt)

