

Gut gelagert

Energierüben | Will man Zucker- und Energierüben ganzjährig als Gärsubstrat einsetzen, muss man sie kostengünstig und verlustarm lagern. Wie hoch die Verluste an Biogasertagspotenzial durch die Lagerung und Konservierung in Mieten und Silos sind, haben Wissenschaftler der Hochschule Neubrandenburg untersucht.

Ob Rüben in Biogasanlagen als Gärsubstrat eingesetzt werden sollen, darüber muss nicht mehr diskutiert werden. Aber wie können Zucker- oder Energierüben möglichst verlustfrei gelagert werden, damit sie über die Rübenkampagne hinaus für die Biogasgewinnung zur Verfügung stehen?

Vergleich von Lagermöglichkeiten

In Mieten können sie nur so lange aufbewahrt werden, wie kein Frost die Zellstruktur zerstört und daraufhin Sickersaft und damit auch die energiereichen Inhaltsstoffe austreten und verloren gehen.

Offene und abgedeckte Lagunen sind möglich, 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 untersuchte 2012 das Biogaspotenzial von frischen und silierten Zuckerrüben. Im Folienbecken werden bei optimaler Gestaltung 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 und andere (2012) beziffern den Verlust in der Deckschicht offener Behälter auf 56 % der organischen Trockensubstanz (oTS).

Um den Energieverlust durch Lagerung und Konservierung quantifizieren zu können, wurden im Jahr 2011 zeitgleich mit der Einlagerung in Mieten bzw. der Silierung Zucker- und Futter- bzw. Energierüben von vier Betrieben in Mecklenburg-Vorpommern im Labor der Hochschule Neubrandenburg siliert. Da in den dazu



Schneidt-/Reißkamm
- TIGER -



Mais Flachschieber



Rübenschnitzler

Tabelle 1: Gehalte an FoTS sowie Biogasertagspotenzial der Rüben (frisch, in Mieten gelagert, siliert)

	Datum Probenahme	FoTS in g/kg TSK	Methanertragspotenzial in l/kg TSK
Zuckerrüben			
Betrieb C			
frisch	06.12.11	922	346
Miete	17.01.12	917	344
Betrieb D			
frisch	30.11.11	926	348
Miete	10.01.12	925	347
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

www.holaras.nl

Hoopman Machines BV - Aalten-NL
T. +31 543 466224 - info@holaras.nl



Einlagerung der ganzen Rüben in ein Fahrtilo auf 7 m Stapelhöhe. Zuvor werden Steine ausgesondert. Foto: Regina Dinse

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. Die Bezeichnung „Energierübe“ stammt von den landwirtschaftlichen Betrieben – wie der korrigierte TS-Gehalt zeigte, handelte es sich dabei um keine definierten Sorten.

Vergleich von acht Sorten

Im Betrieb B werden in einem mehrjährigen Sortenvergleich Zucker- und Futterrüben auf ihren Biogasertrag untersucht: Fünf Zucker- und drei Futterrübensorten werden dort verglichen. Die Energierübe aus Betrieb A gleicht den Zuckerrüben aus Betrieb B, während Betrieb D Energierüben für die Biogaserzeugung mit einem TS-Gehalt ein-

benutzten Gläsern nur Verluste durch CO₂-Austritt 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.

www.rübenschnitzler.de
Für Energierüben in Biogasanlagen

Neu! Auch mit Reinigung: stationär oder im Anbau an Front- oder Radlader

Die robuste Bröckelwalze zerkleinert die Rüben zu einer optimalen Größe, die zu einer schnellen Zersetzung im Fermenter führt und die Biogasbildung beschleunigt.

Günter Schmieling GmbH
Telefon 05429-929688-0

SSE Spachtel-Isolier-Engineering GmbH
www.spachtel-isolier.de

Mindelheimer Str. 53
87666 Pforzen
Tel.: 08340 / 978213
Mobil: 0179 / 9444176

BioHeat

Das effiziente, sichere Heizsystem für Biogasanlagen

Temperaturprobleme im Fermenter? Wir haben die Lösung!

Vorstufe zur Hygienisierung
Individuelle Leistungsanpassung durch modularen Aufbau

SUMA

DER NEUE HD PLUS REPOWERING der Rührleistung – Mehr Schubkraft und Volumenstrom!
Wir optimieren die Effizienz.
Der Film zum SUMA Versuchsbecken unter: www.suma.de/videos

+ 25%
mehr Leistung bei 30% weniger Energieverbrauch

SUMA Rührtechnik GmbH | Martinszeller Str. 21 | DE-87477 Sulzberg | Telefon: +49 8376 / 92131 -0 | Fax: -19 | www.suma.de



Rüben im Labor.

Foto: Regina Dinse

setzt, der dem der Futterrübensorten aus dem Betrieb B entspricht. Im Rohfasergehalt (XF) liegen alle Rüben bei 4 bis 5 % der TSk.

In allen Betrieben wurden die Rüben zeitweise in Mieten gelagert. Von den Zuckerrüben wurden die FoTS und das Biogaspotenzial im Abstand von ca. vier Wochen ermittelt (Tabelle 1). Der Gehalt änderte sich im Verlauf der Lagerung nur unwesentlich und liegt bei 92 %.

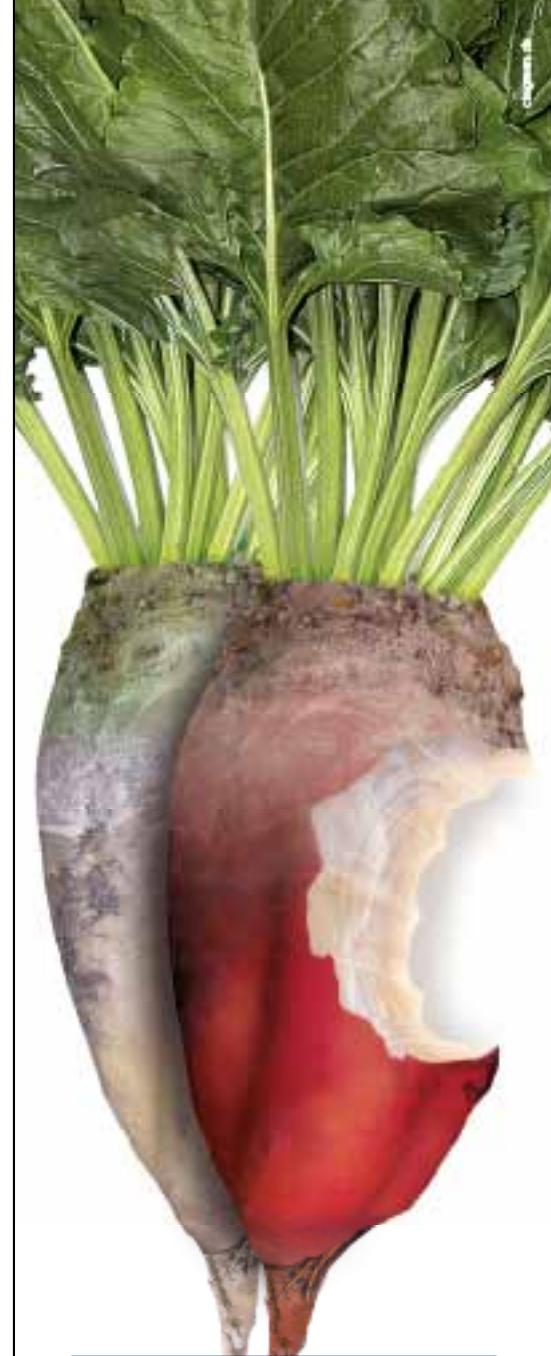
Bei den mindestens vier Wochen gelagerten Rüben wurde der Ethanolgehalt analysiert, der jedoch nur bei den Rüben aus Betrieb A eine erwähnenswerte Größe erreichte. Das Methanertragspotenzial liegt bei den Zuckerrüben über alle untersuchten Proben bei ca. 346 l/kg TSk.

Auf Basis der Formeln nach Weißbach (2008–2011) wurde der zu erwartende Methanertrag berechnet (Tabelle 1). Von frischen und in Mieten gelagerten Rüben (Zucker-, Futter- und Energierüben) wurde ein Ertragspotenzial von 333

– 346 l Methan pro kg TSk ermittelt. Verbleibt der Sickersaft im Siliergut (Laborsilos), ist ein Ertragspotenzial von 332 – 339 l Methan/kg TSk zu erwarten. Durch 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/kg TSk. Der Sickersaft liegt im möglichen Biogasertrag mit ca. 360 l Methan/kg TSk im Bereich der in Mieten gelagerten Rüben.

Vergleich frischer und gelagerter Rüben

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 (Tabelle 2). Dabei wird in der linken Spalte das ermittelte Methanertragspotenzial der im Labor silierten Rüben und in der rechten Spalte das Ertragspotenzi-



Eckendorfer® Energierüben.

RIBAMBELLE & ENERMAX.
Super Energie für Betonkühe.

RIBAMBELLE & ENERMAX liefern hohe Erträge und leicht umsetzbare Bioenergie. Sie sitzen höher im Boden und lassen sich mit hoher Leistung extrem verlustarm ernten. Durch ihre glatte Schale ist der Erdanhang äußerst gering.



www.saaten-union.de

Tabelle 2: Methanertragspotenzial bei Mietenlagerung und Silierung

	Methanertragspotenzial im Vergleich	
	zu im Labor silierten Rüben in %	zu frischen Rüben 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

al 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 angenommen, dass die Rübenlagerung im Betrieb C wie in einer Miete erfolgte, da der Entnahmezeitpunkt und der Gehalt an Gär-säuren und Ethanol darauf hinweisen, dass die Rüben noch nicht siliert waren.

Der Gärverlust bei der Silierung in den Laborgläsern ist auf das Entweichen von CO₂ durch die Vergärung des Zuckers zurückzuführen und wird der Biogasbildung deshalb nicht zugerechnet. Hier wurden nur minimale Verluste ermittelt. Es wird davon ausgegangen, dass es zu keinem Verlust an Biogaspotenzial kommt, da der Sickersaft in den Gläsern verbleibt. Das Biogaspotenzial von Sickersaft wurde ebenfalls untersucht. In den silierten Rüben aus Fahrsilos bzw. der Lagune, aus der der Sickersaft abgepumpt wird, verbleibt ein Methanertragspotenzial von ca. 79–89 % des Siliergutes der Laborsilos (Tabelle 2). Im Sickersaft ist verglichen mit den frischen Rüben ein Ertragspotenzial von 105 % ermittelt worden. Dies ist im Wesentli-



Entsteinen und Bröckeln der silierten ganzen Rüben vor dem Einbringen in die Biogasanlage. Foto: Regina Dinse

chen auf dessen deutlich geringeren Rohfaser- und -aschegehalt zurückzuführen. Die silierten Rüben ohne Sickersaft enthalten nur noch 82 bis 88 % des Methanertragspotenzials der frischen Rüben.

Fazit

Die gute Übereinstimmung aller Daten, die mit Ausgangsmaterial von verschiedenen Betrieben und Standorten in Mecklenburg-Vorpommern errechnet worden sind, lässt folgende Schlussfolgerungen zu:

- Die Ergebnisse der Untersuchungen von Zuckerrüben

und sogenannten Energierüben ergaben ein Methanertragspotenzial auf annähernd gleichem Niveau.

- 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.
- Bei Silierung im Fahrsilo oder in der Lagune, bei der das Siliergut abgedeckt wurde, treten Verluste durch den Austritt von Sickersaft auf.
- Die silierten Rüben enthalten ein Methanbildungspotenzial von ca. 85% des Ge-

samtmaterials (Rüben und Sickersaft).

- Der Sickersaft enthält Ethanol und Gär-säuren in so hoher Konzentration, dass daraus ein Methanertrag auf dem Niveau des unsilierten frischen oder in Mieten gelagerten Ausgangsmaterials zu erwarten ist. (ha)

Prof. Dr. Anke Schuldt, Dr. Regina Dinse, Stephan Wendt

Den kompletten, ungekürzten Beitrag mit Tabellen und Literaturverzeichnis können Sie auf unserer Homepage www.joule-online.de (Downloads) herunterladen.

Lösungen für eine optimale Biogasproduktion

Greenline

Silofellen
Unterzinkfellen
Silobock statt Mier
Silobocke

...so wirtschaftlich und zuverlässig

Greenline

u.a. Entschneefung,
Sperrschichten
Präventives
Käuferschutz

...für mehr Gas unter der Haube

hygiform

Schädlingsüberwachung-
und
Belüftungs-Management

...die professionelle Lösung

BSL Betriebsmittel Service Logistik GmbH
 Werftstr. 218 · 24143 Kiel · Tel. 04 31/ 70 23-0 · www.bsl-online.de

Stellschrauben erkennen – Biogasanlagen ökonomisch betreiben

Die maximale Menge aus der Biogasanlage heraus zu holen, stellt jeden Betreiber vor besondere Herausforderungen. Verschiedene Stellschrauben gilt es zu erkennen und auch zu nutzen.

Staltech hat bei **Substratlagerung** **Mikrostoffe** und **Geogel** schützen Biomasse wird in der Regel als Silage gelagert. Nährstoffe die verloren gehen, können nicht mehr in Biogas umgewandelt werden. Weiterhin stören Schwankungen in der Substratqualität die Gärbildung und die Methanausbeute sinkt. Neben der fachlichen Ausbildung der Silage unterstützen und sichern die speziell ausgewählten biologischen Siliermittel **ProFerm** und **Pharis II** die Qualität der Silage. **ProFerm** fördert die natürliche Milchsäuregärung und verhindert Fäulnisgerüche. Besonders erwähnenswert ist der Einsatz bei der Silierung von Grassensens. Gas und Geruchspräz. **Pharis II** hingegen erweitert das Gärsubstrat bereits bei der Silierung in Richtung Energie. Was sich positiv auf die ganze Biotätigkeit und die Methanausbeute auswirkt. Sein Einsatz empfiehlt sich bei der Silierung von Energiemaïs, Getreide-GPS und Zuckerrübe.

Fakt ist: **ProFerm** und **Pharis II** sichern die Qualität der Substrate. Im Einsatz bedeutet mehr Nährstoffe und Energie für die Methanbildung.

Staltech hat bei **Eiträucher** eine **g** **Ultravioletten** Gebühr **Schwefelwasserstoff** **Schwefelwasserstoff** stört die Biologie und hemmt die Methanbildung. Er wirkt vornehmlich auf die anaerobischen Methanbakterien. Darüber hinaus wird **Wasserstoff (H₂)** **erzeugt** und führt dann bei der Methanbildung (CH₄) **Methan** **Eisen** **Schwefelwasserstoff** **hydrolytisch** und verhindert seine Entstehung. Die Methanbildung läuft störungsfrei ab. Aufgrund seines mit über 45 Prozent Eisen sehr hohen Eisengehaltes ist der Einsatz von **Methan** **Eisen** **Schwefelwasserstoff** **besonders** **effizient** **und** **kostengünstig**.

Fakt ist: Der Einsatz von **Methan** **Eisen** **Schwefelwasserstoff** **Kosten**. Der Ablauf der Methanbildung wird gefördert und damit die Ausbeute an Biogas mit hohem Methan gehalten.

Stellschraube **Sauerstoff** **Biogas-Mikroben** **Mikroben** **Auch** **Biogas-Mikroben** **brauchen** **eine** **ausgewogene** **Versorgung** **mit** **Nährstoffen**. **Wichtige** **Sauerstoffelemente** **müssen** **in** **ausreichender** **Menge** **und** **in** **einer** **für** **die** **Mikroben** **verfügbaren** **Form** **vorhanden** **sein**. **Wachstumsgeschwindigkeit** **und** **Stoffwechselaktivität** **wachsen** **dadurch** **entscheidend** **beschleunigt**. **Fehlen** **diese** **Elemente** **bzw.** **ist** **ihre** **Verfügbarkeit** **als** **mangelhaft** **empfinden**, **sind** **einzelne** **Bakterienarten** **unterversorgt** **und** **können** **nicht** **mehr** **optimal** **stoffwechseln**. **Im** **Extremfall** **verschwinden** **die** **mäßig**, **was** **wiederum** **den** **Ablauf** **der** **gesamten** **Bioreaktion** **beeinträchtigt** **stark**. **Die** **Sauerstoffelement-empfindungen** **Methan** **Pro** **und** **Methan** **Pro** **Basik** **gleichen** **dieses** **Defizit** **wieder** **aus** **und** **stellen** **die** **optimale** **Versorgung** **der** **Bakterien** **wieder** **her**. **Methan** **Pro** **Basik** **wird** **individuell** **auf** **die** **Anlage** **und** **damit** **auf** **die** **Bedürfnisse** **der** **Bakterien** **abgestimmt**.

Fakt ist: Der Einsatz von **Methan** **Pro** **Basik** **stellt** **die** **Biogas-Mikroben**. **Die** **optimale** **Versorgung** **mit** **essentiellen** **mineralischen** **Sauerstoffelementen** **wird** **sicher** **gestellt**.

Stellschraube **Elektrische** **Schweine** **Das** **elektrische** **Schweine** **Bei** **der** **Verstärkung** **von** **Biogas** **trägt** **ein** **großer** **Teil** **der** **Energie** **als** **Abwärme** **an**. **Diese** **Wärme** **wird** **oft** **wie** **sonst** **zu** **oft** **effektiv** **genutzt**. **Neue** **Ansatzpunkte** **ergeben** **sich** **mit** **der** **Technologie** **des** **elektrischen** **Schweins**. **Abwärme** **wird** **zur** **Erzeugung** **von** **E**, **G**, **Spez** **oder** **G** **eingesetzt**. **Das** **elektrische** **Schwein** **reißt** **ist** **eine** **Art** **Roboter**, **der** **mit** **Hilfe** **von** **Spezialwerkzeugen** **das** **zu** **erzeugende** **Material** **wendet**, **müht** **und** **gleichmäßig** **bedeckt**. **Der** **potenzielle** **Einsatzbereich** **reicht** **mit** **2** **bis** **35** **Prozent** **TS** **sehr** **weit** **und** **flexibel** **weiter**.

Fakt ist: Das elektrische Schwein ist ein umsetzbares Wärmekonzept. Diese Technologie ist besonders effizient und schließt vorhandene Anlagen im Bereich der Abwärmenutzung in Biogasanlagen.



Und **wenn** **es** **um** **die** **Hilfe** **geht** **ist** **Prozessstörungen** **wie** **unkontrollierte** **Schaumbildung**, **Schwammfäulebildung**, **starke** **Versäuerung**, **etc.** **erfordern** **schnelles** **Reagieren**. **Obliegt** **es** **an** **den** **geführten** **Substraten**, **dass** **es** **zu** **Reaktionen** **in** **der** **Biogasanlage** **kommt**. **Je** **länger** **eine** **destruktive** **Konzepte** **andauert**, **umso** **schwieriger** **sind** **die** **Auswirkungen** **in** **der** **Biogasanlage**. **Anlagenmechanik** **und** **Anlagenführung** **werden** **beeinträchtigt** **und** **die** **Wirtschaftlichkeit** **der** **Biogas-Anlage** **erheblich** **verschlechtert**. **Leistungsfähige** **Werkzeuge** **wie** **z.B.** **Methan** **Pro** **Basik** **oder** **Methan** **Pro** **Basik** **Schwammfäule** **hilfen** **bei** **der** **starken** **Problemlösung**. **Parallel** **wird** **den** **unterliegenden** **Problemen** **den** **Grund** **gegangen**.

Fakt ist: Reaktionen sind immer Hinweis auf Fehler in der Anlagenführung. Die Qualität der eingesetzten Substrate spielt dabei immer eine zentrale Rolle.

Weitere Infos unter Tel. 0251 - 612-2431 oder www.biogasanlagen-fachteam.de

Prozessoptimierung Biogasanlagen



Wir beraten und begleiten Sie gerne bei der Optimierung Ihrer Biogasanlage. Kontaktieren Sie uns unter:

Kontakt **Telefon** 0251 - 612-2431 **biogas@staltech.de** **www.biogasanlagen-fachteam.de**

Zukunftsfähig **Ökologisch** **Wirtschaftlich** **und** **flexibel** **weiter**.

