

Rüben als Biogassubstrat – Teil 1/2

– Überblick über Verfahrenswege zu Transport und Aufbereitung



Nr. II – 17/2017

Zusammengestellt für die Arbeitsgruppe II (Substratbereitstellung) im „Biogas Forum Bayern“ von:



Sebastian Schaffner
KWS SAAT SE



Dr. Georg Wolf
UDI Bioenergie GmbH



Marcus Kawasch
Maschinen- und Betriebshilfsring Ilmtal e.V.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	2
2.	Sortenwahl und pflanzenbauliche Aspekte.....	2
3.	Ernte.....	3
3.1	Ernte von Rüben als Biogassubstrat	3
3.2	Ernte von Rübenblatt.....	3
4.	Logistik - Verladung und Transport	4
5.	Verschmutzung, Wäsche und Entsteinung.....	5
5.1	Nassentsteinung	5
5.2	Trockenentsteinung.....	6
6.	Zerkleinerung.....	8
6.1	Zerkleinerung zu pumpfähigem Brei.....	8
6.2	Erzeugung von groben Schnitzeln.....	9
7.	Fazit und Ausblick.....	10
	Literaturverzeichnis	10

1. Einleitung

Der Einsatz von Rüben als Biogassubstrat hat sich etabliert. Neben Mais ist die Beta-Rübe die landwirtschaftliche Kulturpflanze mit den höchsten erzielbaren Trockenmasseerträgen (TM) pro Hektar. Da die TM der Rübe im Wesentlichen aus Zucker besteht, der im Fermentationsprozess sehr schnell und fast vollständig zu Biogas umgesetzt werden kann, ist der Biogas- bzw. Methanertrag pro Hektar (je nach Standort) sehr hoch. Die Rübe bietet somit eine sehr gute Ergänzung zu den bewährten Biogassubstraten und ist eine ertragsstarke Alternative zur Kapazitätserweiterung der Biogasanlage. Im Hinblick auf Fruchtfolgekrankheiten, neue Schädlinge und die öffentliche Diskussion über die Produktion von Biogassubstraten bietet sie ebenso eine interessante Abwechslung. Zudem können die Vorgaben des zukünftig einzuhaltenden „Maisdeckels“ mit der Nutzung der ertragsstarken Rübe eingehalten werden.

Der Weg der Rübe in die Zuckerfabrik wurde in den letzten Jahrzehnten zu einem sehr effizienten und schlagkräftigen System ausgebaut. Rüben werden heute überbetrieblich und günstig mit hoher Leistungsfähigkeit gerodet, vorgereinigt und transportiert. Bei der Verwertung als Biogassubstrat bleibt der Rohstoff Rübe wieder zur Verwertung auf den landwirtschaftlichen Betrieben bzw. den Biogasanlagen. Mit dem Anstieg der Verwertung von Rüben als Biogassubstrat hat sich ein fast vollkommen neuer Technikzweig zur Weiterverarbeitung des Rohstoffes entwickelt. Zur Weiterverarbeitung der Rüben auf der Biogasanlage stehen derzeit für fast alle Ansprüche Standardverfahren zur Verfügung, die individuell an die betrieblichen Anforderungen und Voraussetzungen (z.B. die Bodenart) anzupassen sind. Hierbei ist sehr genau auf die entstehenden Aufbereitungskosten pro Tonne Rübe zu achten! Speziell Aufwand und Notwendigkeit für eine eventuelle Nassreinigung und Entsteinung sind im Vorfeld genau zu prüfen. Diese Fachinformation fasst den derzeitigen Stand der technischen Möglichkeiten und Anforderungen an die Aufbereitung zusammen. Thematisch endet es nach der Zerkleinerung der Rübe. Im zweiten Teil „Rüben als Biogassubstrat – Konservierung und Rübenkonzepte im Anlagenbetrieb“ wird der Weg der Rübe von der Silierung bis zu den Auswirkungen auf die Biologie im Fermenter beschrieben.

2. Sortenwahl und pflanzenbauliche Aspekte

Bei der Sortenwahl von Rüben zur Substratproduktion steht man auch vor der Wahl, eventuell auf Futterrüben zurückzugreifen. Die Futterrübe bringt bekanntlich einen hohen Frischmasseertrag. Allerdings liegen die TM-Gehalte der Futterrübensorten je nach Ausprägung nur zwischen 12 und 18 %. Die Zuckerrübe schafft es aufgrund des hohen Zuckergehaltes auf ca. 22 – 25 %. Der Erdanhang bei den Futterrüben ist tendenziell zwar niedriger, die Bestandesführung und der Zustand des Bodens (Verdichtungen) überlagern diesen Effekt aber. Wesentliches Entscheidungskriterium ist der TM-Ertrag/ha, der sehr eng mit dem Zuckerertrag korreliert. Spezielle Eignung von Zuckerrübensorten zur Biomasseerzeugung siehe: <http://bisz.suedzucker.de/Anbau/Biomasse-Rueben/>. Des Weiteren sind standortbezogene Faktoren bei der Sortenwahl zu berücksichtigen. So ist z.B. die Toleranz gegenüber der bodenbürtigen Krankheit Rizomania bei den Zuckerrübensorten heute Standard. Von großer Bedeutung für die Ertragssicherheit ist ebenfalls eine Toleranz gegenüber der Rübenzystennematode *Heterodera schachtii*. Beide Eigenschaften fehlen den meisten Futterrübensorten.

Zudem ist bei Einbindung der Rübe in Maisfruchtfolgen die Krankheit *Rhizoctonia solani* (späte Rübenfäule) zu beachten, da Mais und Rübe hier Wirtspflanzen sind. Auch dies ist ein wichtiger Punkt bei der Sortenwahl, da hier resistente Rübensorten zur Verfügung stehen. Wenn Rüben nach Mais angebaut werden ist des Weiteren eine mögliche Nachwirkung einiger Maisherbizide zu beachten, die die Rübe schädigen können.“ http://www.liz-online.de/fileadmin/user_upload/pdf/herbizid_nbp.pdf.

3. Ernte

3.1 Ernte von Rüben als Biogassubstrat

Die Ernte der Rüben erfolgt meist überbetrieblich durch Lohnunternehmer oder Maschinenringe organisiert. Die etablierten Rodesysteme arbeiten heute 6-reihig mit einer Flächenleistung von ca. 1 ha/h. Bei der Ernte kann der Kopf an der Rübe erhalten bleiben, sollte aber weitgehend vom Blatt befreit sein, da dies die Weiterverarbeitung stören kann und einen Neuaustrieb bei Frischlagerung begünstigt. Nach einigen Tagen trocknen diese Blattreste aus und werden zäh. Müssen nun die Rüben beispielsweise gewaschen bzw. entsteint werden, gilt für viele Maschinen Verstopfungsgefahr.

Seit 2017 sind die Ansprüche der Zuckerindustrie an die Köpfung nahezu identisch zu den Anforderungen für die Biogasproduktion. Optimal ist ein sichtbarer Köpfschnitt von der Größe einer 2 € Münze, wobei Blattanteile zu vermeiden sind. Die Einstellung der Köpfhöhe über Exaktköpfer bzw. Blattschlegelaggregate kann unmittelbar in der Kabine der Erntemaschine erfolgen.



Abb. 1: gut entblattete Biogas-Rübe
(Foto: KWS)



Abb. 2: Geköpfte Rüben mit Microtopping-System
(Foto: ROPA)

3.2 Ernte von Rübenblatt

Die Bergung des Rübenblattapparates ist ebenfalls eine Möglichkeit den Trockenmasseertrag der Rüben zu steigern. Je nach Rübenenertrag, Sorte und Jahr können sogar mehr als 40 t Frischmasse Rübenblatt pro ha geerntet werden. Die TM von Rübenblatt liegt allerdings nur bei ca. 15 %, so dass viel Wasser transportiert werden muss und sich die wirtschaftliche Transportentfernung auf wenige Kilometer um die Anlage beschränkt. Zudem muss eine zusätzliche Überfahrt mit Überladewagen getätigt werden, welche die Rodung in

der Flächenleistung negativ beeinflusst, die Bodenstruktur schädigen kann, zusätzliche Investitionen in ein Blattbergeband bedingt und die Humusbilanz belastet. Blattbergebander sind bei den Roderherstellern verfügbar.

Allerdings ist selbst bei älteren Geräten die Anbringung der Blattbergebander mit einem erhöhten Zeitaufwand verbunden. Bei neueren Maschinen mit Integralhäckslern muss schon bei der Beschaffung der Roder eine Blattbergung geplant werden. Die praktischen Erfahrungen haben gezeigt, dass eine Rübenernte mit gleichzeitiger Blattbergung nur bei größeren Schlägen sinnvoll ist. Die Erntekosten liegen bei ca. 80-100 €/ha.



Abb. 3: Blattbergung (Foto: ROPA)



Abb. 4: Blattbergung (Foto: ROPA)

4. Logistik - Verladung und Transport

Nach der Rodung ist es von großem Vorteil die Rüben zunächst am Feldrand auf Mieten zwischenzulagern. Dies entzerrt die Logistik und bietet zudem den großen Vorteil, dass anhaftende Erde an den Rüben antrocknet und bei der folgenden Verladung mit überbetrieblich organisierten Reinigungsladern, oft „Maus“ genannt, zum großen Teil bereits abgereinigt wird und auf dem Feld verbleibt. Je nach Bodenart und Erdanteil können die Rüben mit einer Stundenleistung von 100 - 200 t/h verladen werden. Bei einigen Herstellern von Verladegeräten sind spezielle Entsteinungsmodul verfügbar, die bereits einen großen Teil der Steine während der Verladung ausschleusen.

Bei der Transportplanung ist zu berücksichtigen, dass Rüben ein Schüttgewicht von ca. 700 kg pro m³ erreichen. Sind Temperaturen unter dem Gefrierpunkt angekündigt, hat sich eine Abdeckung der Rübenmieten mit schwerem Vlies bewährt. Für den Transport sind auch einige rechtliche Dinge zu beachten, sofern ihn die Besitzer der Rüben selbst (Landwirte) über gemeinschaftlich organisierte Abfuhrgemeinschaften (GbR, GENO) übernehmen.

Da der Abnehmer von Biogassrüben in der Regel ein gewerbliches Einzelunternehmen darstellt, sind entsprechende rechtliche Fragen im Hinblick auf das Güterkraftverkehrsgesetz (Sachkundenachweis wie im gewerblichen Güterverkehr), Fahrerlaubnis, Fahrpersonalrecht (Führen eines Fahrtenschreibers), sowie Steuerrecht (Gewerbeanmeldung, Umsatzsteuer)

zu klären (siehe dazu: Substraternte und Gärrestausbringung - [Teil 1: Hinweise zur Organisation und Verrechnung](#) und [Teil 3: Führerscheinrecht, Güterkraftverkehrsgesetz und weitere Vorgaben bei gewerblichen Transporten](#)).



Abb. 5: Verladung mit der „Maus“ (Foto: ROPA)



Abb. 6: RRL (Foto: Holmer)

5. Verschmutzung, Wäsche und Entsteinung

Die größte Herausforderung beim Einsatz von Rüben als Biogassubstrat ist der mögliche Eintrag von Steinen und Sand mit dem Erntegut. Während Ton, Lehm und Schluffanteile in den meisten Biogasanlagen durch Rühren und Pumpen in der Schwebe bleiben, sich an die Organik im Fermenter anheften und mit dem Gärrest größtenteils wieder ausgebracht werden, neigt der Sand zur Sedimentation. Andererseits hängt an Rüben, die auf sandigen Böden angebaut werden absolut gesehen weniger Erde an. Und wenn Erde anhängt, lässt sie sich mit den vorhandenen Geräten zur Nass- und Trockenreinigung gut entfernen.

Wichtig ist, dass keine der bewährten Nass- oder Trockenabreinigungstechniken eine vollkommene Erdfreiheit sicherstellen kann! Hier müssen sich die Biogasanlagenbetreiber allerdings auch bewusst sein, dass es generell keine erdfreien Nawaro-Substrate gibt. Die Trockenmasse der Zuckerrübe ohne Erdanhang weist einen Aschegehalt von ca. 2 % auf. Die Kosten für eine evtl. ohnehin nötige Fermenterreinigung nach wenigen Jahren sind in der Summe möglicherweise geringer als die jährliche Nasswäsche.

5.1 Nassentsteinung

Zur Trennung der Steine aus dem Erntegut ist die Dichtentrennung im Wasser ein sehr sicheres System. Technisch findet die Dichtentrennung im Wasser verschiedene Umsetzungen: Zum einen besteht die Möglichkeit die spezifische Dichte des Wassers bspw. durch Zugabe eines Düngesalzes zu erhöhen und damit die Rüben zum Schwimmen zu bringen. Die Dichte der Rüben liegt bei $\sim 1,1$. Die andere Möglichkeit besteht darin, einen Wasserauftrieb zu erzeugen, der die Rüben in einem Schwemmkanal aufschwimmen lässt und so die Steine aus dem Erntegut trennt. Beide Verfahren erreichen nach Herstellerangaben einen Durchsatz von ca. 60 t/h. Mittlerweile bieten mehrere Hersteller Maschinen zur Nassentsteinung und -abreinigung an, wobei der Haupteffekt in der Entsteinung mit hoher Stundenleistung liegt.



Abb. 7: PUTSCH Beetmaster Rübenwäsche
(Foto: Putsch)



(Foto: Abb. 8: Rübenwasch- und
-scheidschaufel von Holaras
(ohne Steintrennung) (Foto: KWS)

Das Verfahren PUTSCH Beetmaster sei hier kurz erläutert:

Hauptzweck der Maschine ist die Entsteinung des Erntegutes, da die Steine den größten Schaden an der nachfolgenden Zerkleinerungs- oder Dosiertechnik der Biogasanlage anrichten können. Das eigentliche „Waschen“ der Rüben ist eine Art Nebeneffekt, da die Steine von den Rüben nach der spezifischen Dichte der Stoffe getrennt werden müssen, die nur in einem wässrigen Medium zu greifen ist.

Die Rüben sollten vor Einsatz der Maschine angeliefert sein. Diese werden dann per Rad- oder Teleskoplader in einen Zuführbunker gegeben. Danach erfolgt eine Trockenreinigung auf Zwickwalzen und das Durchlaufen einer ca. 2m langen Waschtrommel. Danach gelangen die Rüben in einen Trommelsteinabscheider, der sie mittels einer Wasserstromführung von den Steinen trennt und diese seitlich austrägt. Die Rüben werden über ein Austrageband abgelegt oder der Weiterverarbeitung zugeführt. Der Wasserkreislauf wird durch ein Wasser- und Erdabsetzbecken mittels Tauchpumpe gewährleistet.

Durch Haftwasser an den Rüben ergibt sich bei fast allen Verfahren ein nicht zu vermeidender Wasserverlust von ca. 50-70 Liter Wasser/Tonne Zuckerrübe.

Wichtig ist, dass einmal gewaschene/entsteinte Rüben sich nicht mehr lange frisch lagern lassen! Je nach Temperatur setzt nach 5-10 Tagen die Fäulnis ein. Daher sollten gewaschene/entsteinte Rüben möglichst bald nach der Nassreinigung entweder einsiliert oder der Fermentierung zugeführt werden.

Die Nasswäsche und Entsteinung bedingt einen hohen Arbeits- und Kostenaufwand, der incl. Maschinen und Arbeit bei ca. 5 €/t liegt. Bei geringem Steinbesatz und Standorten mit geringem Sandanteil sollte deshalb besser auf die Nassreinigung verzichtet werden!

5.2 Trockenentsteinung

Aus dem Hause Grimme steht mit dem „BeetBeater“ mittlerweile auch eine Trocken-Entsteinung zur Verfügung. Eine ähnliche Entwicklung ist der Biocracker der Firma Indunorm. Beide Maschinen sind als Art stationärer Feststoffdosierer für Rüben gedacht und

komplett in die Steuerung der Biogasanlage einzubinden. Die Steintrennung erfolgt mittels einer akustischen Erkennung von Steinen und Rüben über Klopfensensoren (Grimme), bzw. steingesicherte Häckseltechnik (Biocracker). Der Durchsatz liegt bei ca. 3-5 t Rüben pro Stunde. Einem ähnlichen Prinzip folgt die Technik des Cleaner Tiger der Firma Schmihing. Auch die Verlademäuse können optional Steintrenner enthalten, die wahrscheinlich aber keine 100%ige Steintrennung sicherstellen können.



Abb. 9: BeetBeater von Grimme – „ein Rübenfeststoffdosier“ (Foto: KWS)



Abb 10: Biocracker von Indunorm (Foto: Indunorm)



Abb. 11: Cleaner Tiger, Fa. Schmihing (Foto: Schmihing)



Abb. 12 Verlademaus mit Steintrenner (Foto: Ropa)

6. Zerkleinerung

Bereits vor der Zerkleinerung muss feststehen, wie die Rüben eingelagert werden sollen! Breisilage erfordert andere Zerkleinerungstechniken, als wenn Rüben in Mischungen mit z.B. Mais einsiliert werden sollen. Dafür können ganze Rüben oder grobe Rübenschnitzel verwendet werden.

Eine Zerkleinerung der Rüben vor dem Eintrag in den Fermenter ist in jedem Fall empfehlenswert, denn ganze Rüben würden schnell auf den Fermenterboden absinken. Zudem sind sie nur langsam umsetzbar und fördern Verstopfungen der Pumpen und Leitungen.

6.1 Zerkleinerung zu pumpfähigem Brei

Zur Erzeugung von Rübentrei stehen verschiedene technische Lösungen zur Verfügung. Wichtig sind dabei der Durchsatz und die Homogenität des erzeugten Breis, um Sedimentationsschichten im Lager zu vermeiden. Die Schichtenbildung ist zwar für die Silierung kein Nachteil, erschwert aber die gleichmäßige Zuführung zur Fermentation.

Neben einzelnen Pumpen mit kombinierten Häckseleinrichtungen, die allerdings nur geringe Durchsätze erreichen, ist der Einsatz von Kompost- oder Holzschreddern weit verbreitet. Vorteil dieser Technik ist zum einen der hohe Durchsatz (je nach Gerät > 100 t/h) und die Möglichkeit gegebenenfalls auch Steine direkt mit zu zerkleinern und sie nicht abtrennen zu müssen.

Auch andere Mühlen mit schnell laufenden Werkzeugen sind verfügbar, jedoch ist hier meist eine vorherige Steinabtrennung die Bedingung. Zudem finden sich noch verschiedene Hersteller aus dem Recyclingbereich, die sog. „Querstromzerspaner“ oder „Prallreaktoren“ anbieten. Diese Geräte sind steintolerant, aber meist nicht mobil und überbetrieblieh verfügbar, was hohe Invest- und Stückkosten zur Folge hätte.



Abb. 13: Willibald-Schredder mit hoher Durchsatzleistung und „Steintoleranz“ (Foto: KWS)



Abb. 14: Zerreißer mit hohem Durchsatz und direkt angeschlossener Pumpe, allerdings steineempfindlich (Foto: KWS)

6.2 Erzeugung von groben Schnitzeln

Weit verbreitet und zuverlässig einsetzbar sind mit Ölmotoren angetriebene Häcksel-schaufeln für den Anbau am Teleskoplader oder im Dreipunkt.

Vorteil dieser Schaufeln ist der flexible Einsatzbereich und die Robustheit des Systems. Kommt ein größerer Stein in die Häckselwelle und blockiert diese, bleibt der Ölmotor stehen. Nun kann die Schaufel ausgekippt und der Stein entfernt werden. Bei geringem Steinbesatz ist dies die günstigste Lösung zur Steintrennung.

Die Schaufeln erzeugen je nach Einstellung faust- bis streichholzschachtelgroße Schnitzel, die für den Feststoffeintrag ideal sind. Die Schaufeln gibt es sowohl in kleiner Ausführung für den Teleskoplader (ca. 1,5 t Fassungsvermögen) als auch im großen Maßstab (ca. 3 t Fassungsvermögen) für den Radladeranbau. Denkbar ist auch der Einsatz von Futtermischwagen zur Zerkleinerung von Zuckerrüben.



Abb. 15: Holaras Häcksel-schaufel (Foto: KWS)



Abb. 16: vdw-Häcksel-schaufel (Foto: Schmihing)



Abb. 17: stationärer Rübenschneider von Fa. Schmidberger (Foto Schmidberger)

7. Fazit und Ausblick

Die Technik zur Aufbereitung und Lagerung der Rübe als Biogassubstrat hat sich schnell entwickelt. Für viele Anwendungsbedingungen gibt es bereits technische Standardverfahren. Die Rübe wächst unter der Erde und nicht über der Erde, wie der Mais. Unterschiedliche Böden bedingen auch unterschiedliche Aufbereitungsverfahren und damit Kosten. Die Rübe birgt als Biogassubstrat ein großes Potenzial. Für viele Betreiber lohnt es sich, ein spezielles Betriebskonzept der Biogasanlage auf den Rübeneinsatz abzustimmen.

In Teil 2 „Rüben als Biogassubstrat – Konservierung und Rübenkonzepte im Anlagenbetrieb“ erhalten Sie Einblick über Konservierungsverfahren und Betriebskonzepte des süßen Substrates.

Literaturverzeichnis

VSZ (2017): Neue Rübenbewertung ab 2017. Verband deutscher Zuckerrübenanbauer und Südzucker. Infobroschüre; https://bisz.suedzucker.de/wp-content/uploads/2017/08/SZ_Faltblatt_Ruebenbewertung_2017.pdf

Zitiervorlage:

Schaffner, S., G. Wolf und M. Kawasch (2017): Rüben als Biogassubstrat – Teil 1/2 – Überblick über Verfahrenswege zu Transport und Aufbereitung. In: Biogas Forum Bayern Nr. II - 17/2017, Hrsg. ALB Bayern e.V., **[Link]**, Stand **[Abrufdatum]**.

Das „Biogas Forum Bayern“ ist eine Informationsplattform zum Wissenstransfer für die landwirtschaftliche Biogasproduktion in Bayern.

Arbeitsgruppe II (Substratbereitstellung und Logistik)

hier erarbeiten Experten Publikationen zu folgenden Themen:

- Logistik der Ernte
- Gärrestausbringung
- Konservierung und Silagequalität

Mitglieder der Arbeitsgruppe II (Substratbereitstellung)

- **Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Amberg, Erding, Ingolstadt, Neumarkt i.d. Oberpfalz, Nördlingen Pfaffenhofen a. d. Ilm und Uffenheim**
- **Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten**
- **Bayerisches Landesamt für Umwelt**
- **Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft**
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft
Institut für Ländliche Strukturentwicklung, Betriebswirtschaft und Agrarinformatik
- **Biogasanlagenbetreiber**
- **Böck Silosysteme GmbH**
- **CLAAS**
- **Fachverband Biogas e.V.**
- **Kuratorium Bayerischer Maschinen- und Betriebshilfsringe e.V.**
- **KWS SAAT SE**
- **Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern (LKV) e.V.**
- **Landmaschinenschule Landsberg am Lech, Landshut**
- **Landwirtschaftliche Lehranstalten des Bezirkes Oberfranken**
- **Regens Wagner Hohenwart**
- **Technologie- und Förderzentrum (TFZ) Straubing**
- **UDI Bioenergie GmbH**



Herausgeber:

Arbeitsgemeinschaft Landtechnik
und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.
Vöttinger Straße 36
85354 Freising
Telefon: 08161/71-3460
Telefax: 08161/71-5307
Internet: <http://www.biogas-forum-bayern.de>
E-Mail: info@biogas-forum-bayern.de