

Projektbericht

Biogasrübe in der Ems-Dollart-Region Projektjahr 2012

Diversifizierung der Rohstoffbasis für die Biogasproduktion
in maisstarken Anbausystemen mit besonderer Schwerpunktsetzung
auf die Erprobung, technische Optimierung und Implementierung
einer produktionstechnischen Prozesskette für Biogasrüben
in der Ems Dollart Region (EDR)



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Das GroenGas-Projekt	3
1.2	Das Biogasrübe-Projekt	3
1.3	Übersicht über die Praxisdatenerhebungen und Versuche	4
1.4	Pflanzenbau	4
1.5	Rübenverarbeitung	4
1.6	Lagerung der Zuckerrübe, Umsetzungskinetik und Verluste	5
2	Problemstellung	5
3	Beschreibung und Ergebnisse der Projektglieder Pflanzenbau	6
3.1	Sortenversuche	6
3.2	Düngungsversuche	7
3.2.1	Düngungsversuche auf niederländischer Seite	9
3.3	Bodenbearbeitungsversuche	9
3.3.1	Bodenbearbeitungsversuche auf niederländischer Seite	10
3.4	Erntezeitenversuch	10
3.5	Herbizidversuche	12
4	Betrachtung der technisch-mechanischen Projektkomponente	14
4.1	Prozesskettenoptimierung hinsichtlich der Rübenverarbeitung	14
4.1.1	Biogasanlage Hochsilo 1 – Standort Messingen	15
4.1.2	Biogasanlage Hochsilo 2 – Standort Sommeringen	16
4.1.3	Biogasanlage Rübenmusbecken – Standort Geeste	17
4.2	Kostenvergleich der Einsatzsubstrate Zuckerrübe vs. Mais anhand der praxisbetrieblichen Kenndaten	19
4.3	Umsetzungskinetik der gelagerten Rüben an den unterschiedlichen Lagerungsvarianten	21
4.4	Technikoptimierung im Durchflussprozess (Plurry-Maxx der Fa. Röring)	23
4.5	Ergebniszusammenfassung	23
5	Ausblick und offene Fragen	24

1 Einleitung

1.1 Das GroenGas-Projekt

Insgesamt 63 Partner aus der deutsch-niederländischen Grenzregion arbeiten seit 2011 im Rahmen des Interreg IVA Groen Gas Verbundprojektes in verschiedenen Teilprojekten zusammen. Im dreijährigen Verbundprojekt, mit einem Gesamtvolumen von knapp 10 Mio. EUR, werden verschiedene Aspekte in der Wertschöpfungskette von der Produktion bis zum Abnehmer von „Grünem Gas“ bearbeitet. Gefördert wird das Projekt durch:



Weitere Informationen unter : www.groengasproject.eu

Ein Teilprojekt, dessen Ergebnisse des Projektjahres 2012 nachfolgend vorgestellt werden, beschäftigt sich mit der Etablierung der Zuckerrübe als Biogassubstrat.

1.2 Das Biogasrübe-Projekt

»Diversifizierung der Rohstoffbasis für die Biogasproduktion in maisstarken Anbausystemen mit besonderer Schwerpunktsetzung auf die Erprobung, technische Optimierung und Implementierung einer produktionstechnischen Prozesskette für Biogasrüben in der Ems Dollart Region (EDR)«, lautet der Arbeitsauftrag des Praxisprojektes »Biogasrübe«.

Ziel dieses Projektes ist es, effiziente Prozessketten für die Aufbereitung und Lagerung von Zuckerrüben als Biogassubstrat zu erproben und zu etablieren, um eine Fruchtfolgeerweiterung durch den Anbau der Zuckerrüben in maisstarken Anbauregionen zu unterstützen. Durch die Optimierung von Ernte-, Aufbereitungs- und Lagerungsprozessketten für Rüben als Biogassubstrat soll eine praxisreife und wirtschaftliche Alternative zum Mais entwickelt werden.

Im Rahmen des dreijährigen Verbundprojektes wird das Informations- und Beratungsangebot zum Einsatz von Zuckerrüben als Biogassubstrat weiter ausgebaut sowie ein umfangreiches Versuchsprogramm auf den beteiligten Praxisbetrieben zur Lagerung und Aufbereitung sowie zur Prozessführung in Biogasanlagen mit Zuckerrübensubstraten durchgeführt.

Zur Reinigung und Aufbereitung der Rüben wurden verschiedene Verfahren eingesetzt und bewertet. Ein besonderer Aspekt ist hierbei auch die Erprobung und Ergebnisauswertung von verschiedenen Lagerungsvarianten, um eine ganzjährige Substratversorgung zu ermöglichen.

Dazu zählen die Rübenbreilagerung im Erdbecken und im Hochsilo sowie die Lagerung als ganze Rübe im Fahrsilo. An drei Demonstrationstagen, die auf den beteiligten Praxisbetrieben der RWG Emsland Süd in Lünne, dem Betrieb Otten in Dalum-Geeste und dem Betrieb Hüntelmann in Lahn im Emsland durchgeführt wurden, konnte die Technik zur Zuckerrübenaufbereitung im Praxisbetrieb angeschaut werden. Vor Ort konnten Fragen gestellt und Informationen über den aktuellen Ist-Stand der Zuckerrübenaufbereitung mit Fachleuten aus dem Bereich Zuckerrübe/Biogasrübe diskutiert werden.

Am 29. Oktober und 21. November 2013 werden weitere Maschinendemonstrationen auf den Praxisbetrieben im Emsland durchgeführt. Für weitere Informationen rund um das Projekt (Versuchsfragen und Ergebnisse sowie Terminankündigungen) besuchen Sie bitte die Internetseite www.biogasruebe.3-n.info.

Die Projektpartner:



Die Erfahrungen, Versuche und Ergebnisse des ersten Projektjahres 2012 werden nachfolgend vorgestellt und erläutert.

Die Erhebung von Praxisdaten und die im Jahr 2012 durchgeführten Versuche bauen auf den bisherigen Erkenntnissen auf und vertiefen die 2011 unter Projektleitung der Nordzucker AG begonnen Untersuchungen, die im Rahmen eines Landesprojektes in Niedersachsen durchgeführt wurden. (Ergebnisse siehe unter: www.biogasruebe.3-n.info).

1.3 Übersicht über die Praxisdatenerhebungen und Versuche

Im GroenGas-Projekt 2012 wurden im Bereich Pflanzenbau Fragestellungen zur Bodenbearbeitung, Düngung, zu Herbizidmaßnahmen und zum Erntezeitpunkt bearbeitet. Die Prozesskette der Aufbereitung für Biogasanlagen vom Acker in den Fermenter wurde mit Fragen zur Leistungsfähigkeit verschiedener Varianten sowie zu den Lagerungsmöglichkeiten und der Umsetzung des Rübenbreis während der Lagerung betrachtet und bewertet.

1.4 Pflanzenbau

Neben dem Biomasseertrag sind der erzielte Zuckerertrag, der TS-Gehalt und die Erdanhaftung am Rübenkörper wichtige Parameter zur Charakterisierung von Rübensorten. Auf dem Versuchsfeld der LWK (Landwirtschaftskammer) Niedersachsen in Werlte wurden im Jahr 2012 einer von insgesamt sieben vom Institut für Zuckerrübenforschung bundesweit koordinierten „Sortenversuche Biomasse“ mit insgesamt zwanzig Rübensorten in vierfacher Wiederholung durchgeführt. Darunter waren auch drei Futterrübensorten.

Die Herbizidversuche wurden in sechs verschiedenen Varianten inkl. unbehandelter Parzelle angelegt. Dabei wurden drei Nachauflaufkontrollen durchgeführt.

Die Bodenbearbeitungsversuche wurden auf dem Versuchsstandort Valthermond (KANON) in den Niederlanden und am Standort Werlte in Niedersachsen angelegt.

Mehrstufige Düngungsversuche zum Einsatz von Gärprodukten mit verschiedenen, organisch-mineralischen Düngungsvarianten wurden auf dem Versuchsstandort Valthermond (KANON) und dem Versuchsfeld der LWK Niedersachsen in Werlte durchgeführt.

Es wird in diesem Bericht gezielt auf die Verwendung des Begriffs Gärprodukt Wert gelegt, da ein hochwertiger Dünger zum Einsatz kommt, der im Ackerbau in Zukunft innerhalb einer Kreislaufwirtschaft einen großen Teil der Mineraldünger ersetzen kann.

Des Weiteren wurde ein sogenannter Erntezeiten-Versuch durchgeführt, der insbesondere die Ertragsleistung zu vier unterschiedlichen Ernteterminen überprüfen sollte. Diese genannten Versuche stellen die Grundlage für die ackerbaulichen Aspekte des Projektes dar.

1.5 Rübenverarbeitung

Die Aufbereitung der Rüben wurde auf den beteiligten Praxisbetrieben mit verschiedenen Maschinen und Verfahrensketten durchgeführt (Übersicht: Tabelle 9, S. 16). Die Datenerfassung (Verbrauch an Diesel, Strom, Standzeiten, Durchsatzleistung/h) erfolgte pro Standort über mehrere hundert Tonnen verarbeitete Rüben. Die erhobenen Kennzahlen flossen in die Wirtschaftlichkeitsberechnungen ein, die von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen durchgeführt wurden (siehe Kapitel 4.2, S. 21).

Ein Vorteil der Erhebungen und Berechnungen, wie sie in diesem Projekt durchgeführt wurden, liegt darin, dass man auf der einen Seite mit Zahlen auf Grund von langjährig bestätigten Deckungsbeitrags- und Richtwerten arbeiten konnte und auf der anderen Seite betriebspezifische Zahlen ermitteln konnte. Diese entsprachen genau den im Praxisbetrieb eingesetzten Prozessket-

ten und deren Energieverbrauch, welcher begleitend exakt bestimmt wurde.

1.6 Lagerung der Zuckerrübe, Umsetzungskinetik und Verluste

Ein wichtiger Punkt in der Verfahrenskette ist die Einlagerung der Rüben. Welche Lagerungsmethode den geringsten Verlust hat und am kostengünstigsten zu realisieren ist, wird zurzeit heftig diskutiert.

Im Rahmen des GroenGas Projekts wurden die Verfahren »Rübenbreilagerung im Hochbehälter«, die »Ganzrübensilierung« und die »Rübenmuslagerung im Erdbecken« vergleichend betrachtet.

Die Lagerungsverluste und die Umsetzungskinetik und Silierung der gelagerten Rüben wurden innerhalb des Projektes durch regelmäßige Substratentnahmen und Beprobungen in Laboren untersucht und die Ergebnisse sind zu Teilen im vorliegenden Bericht dargestellt.

2 Problemstellung

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) (2000) und die anschließenden Novellierungen (2004, 2009 und 2012) bilden die Grundlage für die Nutzung Erneuerbare Energien. Dazu zählt auch die Etablierung von Biogasanlagen auf deutscher Seite im EDR Gebiet. In den Veredlungsregionen sind dabei Viehhaltung und Biogasanlagen auf den gleichen energiereichen Rohstoff, nämlich Mais, angewiesen. Bei bereits hohen Fruchtfolgeanteilen von Mais in einer Region werden Fruchtfolgeaspekte zunehmend weniger beachtet, sodass es zu Auswirkungen auf das Landschaftsbild und die Biodiversität kommt. In Zukunft werden höchstwahrscheinlich auch Problemschädlinge, wie der Maiszünsler, der Maiswurzelbohrer und verschiedene Agriotes-Spezies, zu einer Verschärfung der Anbauproblematik beitragen.



Abb. 1: Leistung und Anzahl der Biogasanlagen in Niedersachsen nach Unterteilung in Nutzungsregionen
(Quelle: 3N Biogasinventur 2012)

Aus Abbildung 1 ist ersichtlich, dass 41 % der Biogasanlagen und damit einhergehend knapp 40 % der elektrisch installierten Leistung in Veredlungsregionen liegen. Dadurch verschärfte sich bisher oftmals die Diskussion um den Maisanbau in diesen Regionen.

Allerdings hat die Biogaserzeugung den Vorteil, dass sie im Vergleich zur Veredlung, die Möglichkeit der Diversifizierung des Input-Substrates hat. So kann dort, neben Mais, auch vorzüglich die Zuckerrübe als Einsatzstoff genutzt werden. Um die Wirtschaftlichkeit dieses Rohstoffes auf ein konkurrenzfähiges Niveau zu Mais zu bringen, liegt der Schwerpunkt dieses Projektes in dem Bereich »Optimierung der Verfahrensketten«. Dabei wurde das Hauptaugenmerk auf eine aufeinander abgestimmte Prozesskette gelegt, um eine volle Auslastung der eingesetzten Maschinen zu erreichen.

In den Landkreisen Emsland und Grafschaft Bentheim wurden 2010 erstmals Biogasarüben in kleinem Umfang angebaut. 2012 wurden 1250 ha Zuckerrüben für die Biogasanlagen angebaut und im Jahr 2013 erhöhte sich die Anbaufläche um ca. weitere 230 ha auf 1480 ha. (Quelle: GAP-Zahlen 2013)

3 Beschreibung und Ergebnisse der Projektglieder Pflanzenbau

3.1 Sortenversuche

Die Sortenversuche sind nicht Bestandteil des GroenGas-Projektes. Sie werden an dieser Stelle aber wegen der Bedeutung der Sortenwahl für die Biogasproduktion der Vollständigkeit halber dargestellt.

Die erfassten Parameter waren Erdanhang (rel.), FM-Ertrag, TM-Ertrag, Zuckerertrag und der Methanertrag (1). Für die Einstufung der Sorten für ihre Eignung als Substrat für Biogasanlagen wurde neben dem Zuckergehalt auch der TM-Gehalt bestimmt. Aus dem TM-Ertrag wurde der Methanertrag pro ha errechnet. Hierbei wurden die durchschnittlichen Zuckererträge der letzten drei Jahre (2009-2011) in Deutschland sowie die Basis von 700 l Normgas je kg TM und eine Methanausbeute von 51 % zu Grunde gelegt (IfZ, 2012). Die angegebenen gerundeten Relativwerte (rechte Seite der Abbildung 2) sind aus dem Verrechnungsmittel der Sorten William, Beretta, Rubens und Sabrina. Dieses Mittel wurde = 100 gesetzt.

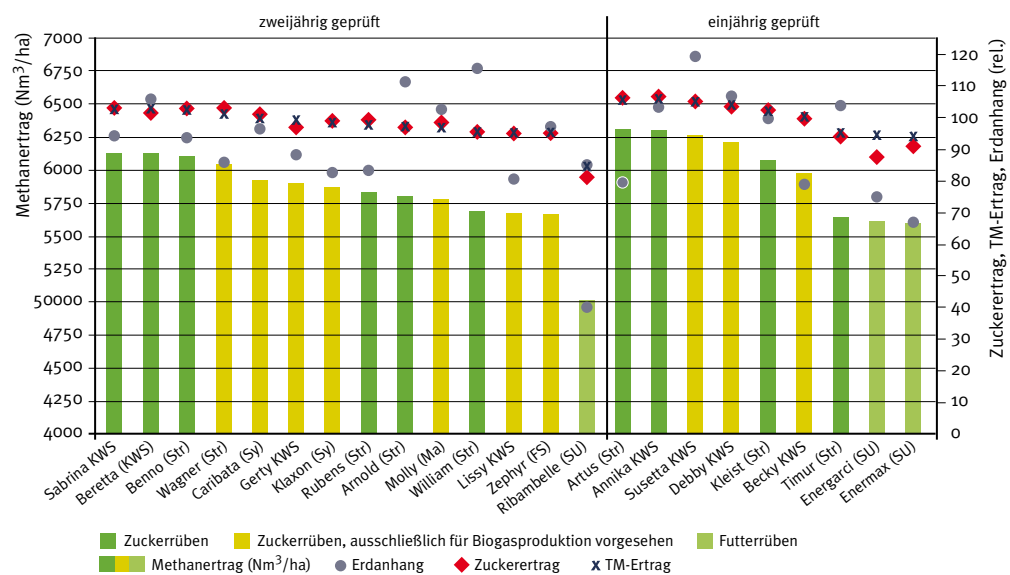


Abb. 2: Methanertrag, Zuckerertrag, Erdanhang und TM-Ertrag der im Projekt getesteten Rübensorten (1-jährige und 2-jährige Prüfung)

Den Landwirten werden verschiedenste Rübensorten für die Biogasproduktion angeboten. Um eine verlässliche Datengrundlage über die Eignung der Sorten zu schaffen, wurde 2011 beim IfZ der SV-B (Sortenleistungsvergleich Biomasse) initiiert. Die Ergebnisse aus 2011 und 2012 sind in Abbildung 2 dargestellt. Die Züchter/Vertriebsfirmen der Sorten sind KWS, Strube (Str), Syngenta (Sy), Maribo (Ma), Saaten-Union (SU) und FarmSaat (FS). 2011 gingen fünf Versuchsstandorte in die Auswertung ein, im Jahr 2012 waren es sieben, wovon drei im nordwestlichen Niedersachsen lagen (Rockstedt, Werlte und Borwede).

Die Sortenergebnisse 2011/2012 belegen, dass die zuckerertragsbetonten Zuckerrübensorten, die auch für die Zuckerproduktion genutzt werden, derzeit auch für die Biogasproduktion zu empfehlen sind. Die mitgeführte Futterrübensorte Ribambelle, sowie Zuckerrübensorten, die speziell für die Biogasproduktion beworben werden (Molly, Lissy KWS, Zephyr, Klaxon, Caribata, Gerty KWS, Wagner, alle zweijährig geprüft), konnten die Ergebnisse der ertragsstärksten Zuckerrübensorten nicht erreichen. Auch im einjährig geprüften Sortiment stehen Zuckerrübensorten vorne. In diesem Sortiment sind Debby KWS, Becky KWS, Susetta KWS ausschließlich für Biogasanlagen geeignet. Energarci und Enermax sind Futterrübensorten, die nach den Ergebnissen des einjährigen Versuchs aus dem Vorjahr die Differenz hinsichtlich des Methanertrags zu den besten Zuckerrübensorten Sabrina, Beretta und Benno aufholen konnten. Die Ertragsleistung der einjährig geprüften Sorten sieht sehr vielversprechend aus. Für die Sorte Kleist ist anzumerken, dass sie nematodentolerant ist. Neben den Ertragsparametern spielt auch der Erdanhang der Sorten eine wichtige Rolle, wobei sich auch hier durchaus Sortenunterschiede zeigen. Auf Standorten, auf de-

nen viel Erdanhang zu erwarten ist, sollte auch dieses Kriterium bei der Sortenwahl Berücksichtigung finden. Die Sortenprüfungen erfolgten im Rahmen der Landessortenversuche Zuckerrübe der Landwirtschaftskammer Niedersachsen und der ARGE NORD und beinhalteten insgesamt 20 verschiedene Zuckerrübensorten und drei Futterrübensorten. Der Versuchsstandort Werlte wurde in diese Auswertung einbezogen.

Die Ergebnisse der Versuche müssen in den kommenden Jahren verifiziert werden, aber sie zeigen schon jetzt das große Potential der Zuckerrübe für die Biogasanlage. Da die Zuckerrüben für die Biogasanlagen nicht die hohen Qualitätsmerkmale für die Zuckerindustrie aufweisen müssen, können die züchterischen Schwerpunkte auf Masse und TM-Ertrag gelegt werden. Während der Feldtage im Emsland und auf den Versuchsfeldern des niederländischen Partners KANON können die Züchter somit immer wieder neue Sorten vorstellen und damit sind auch in Zukunft immer Neuerungen auf diesem Gebiet zu erwarten. Weitere Informationen unter: www.lwk-niedersachsen.de

3.2 Düngungsversuche

Der Versuch zur Wirkung des Stickstoffs aus dem Gärprodukt zur Düngung von Zuckerrüben wurde auf dem Versuchsfeld Werlte der Landwirtschaftskammer Niedersachsen durchgeführt.

Die Aussaat erfolgte am 02.04.2012, Sorte Sabrina. Die Bodenparameter stellten sich nach der Vorfrucht Mais wie folgt dar, wobei der Nmin-Wert 30 kg N/ha betrug:

- pH: 5,3 | Phosphor: 14 kg/ha | Kalium: 8 kg/ha | Magnesium: 7 kg/ha

Es wurden in den Düngungsversuchen folgende drei Faktoren berücksichtigt:

- Faktor 1 : N-Düngung über mineralische Gaben (Tabelle 1)
- Faktor 2: N-Gaben mittels organischer Düngung in Form von Gärprodukt (Tabelle 1).
- Faktor 3: N-Gabe mittels Kombination aus organischer und mineralischer Form (Tabelle 3)

Anzahl Wiederholungen: 4

Damit nur der Effekt der N-Düngung herausgearbeitet werden kann, wurden die Nährstoffe Kalium und Magnesium in allen Varianten auf das gleiche Niveau gedüngt. Bei Phosphor war dies aufgrund der hohen Bodenversorgung nicht erforderlich.

Tab.1: Übersicht der Düngungs- und Gärprodukt-gaben am Standort Werlte 2012

Faktor 1: nur mineralische Düngung				Faktor 2: Gärproduktgabe
Var.-Nr.	Variante	N-Düngung nach Saat	vor Reihenschluß	Variante
1	ohne N	-	-	keine Gärproduktgabe
2	40kg N/ha	40		15m Gärproduktgabe
3	80kg N/ha	80		30m Gärproduktgabe
4	120kg N/ha	80	40	40m Gärproduktgabe
5	160kg N/ha			

Die Zusammensetzung des eingebrachten Gärprodukts ist aus Tabelle 2 ersichtlich.

Tab.2: Zusammensetzung des eingesetzten Gärprodukts am Standort Werlte im Jahr 2012

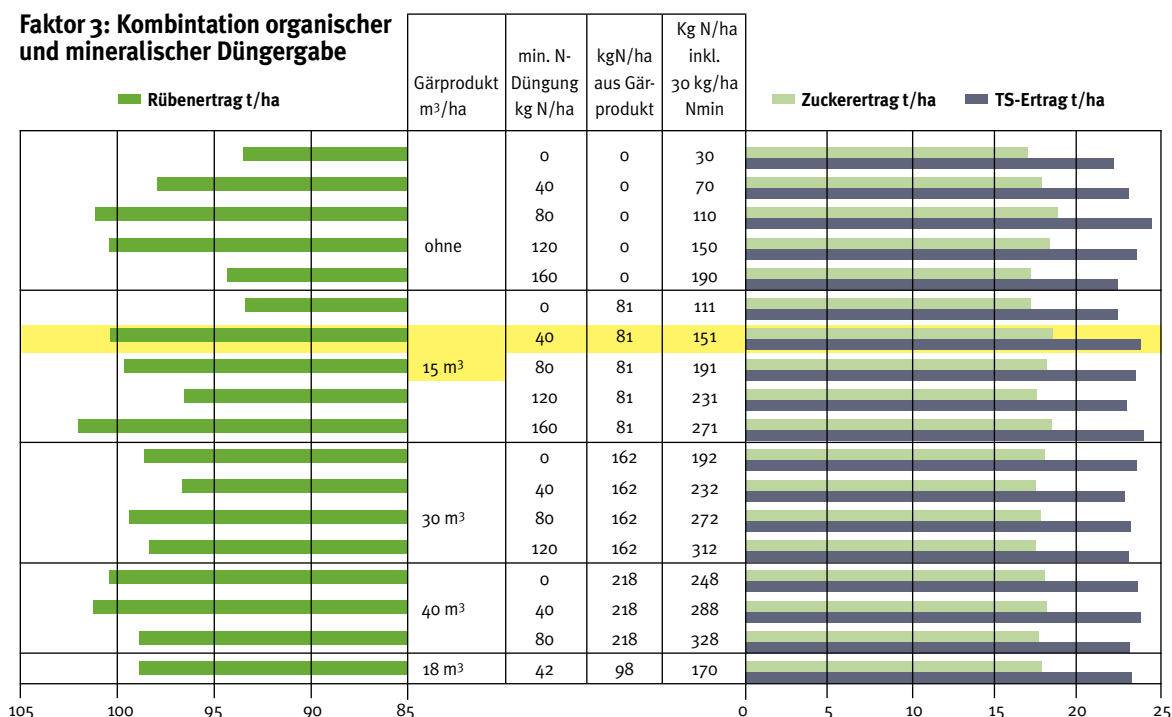
Standort Werlte m ³ Gärprodukt	TS-Gehalt	N-Gesamt kg/m ³	NH ₄ kg/m ³	P ₂ O ₅ kg/m ³	MG kg/m ³	K ₂ O kg/m ³	CaO kg/m ³	S kg/m ³	C/N-Verhältnis Bezogen auf TS
Basisdaten je m ³	10,81	7,78	3,55	7,97	2,1	2,19	6,87	1,69	12
Pro 15 m ³		81,69*		119,55	31,5	32,85	103,05	25,35	
Pro 30 m ³		163,38*		239,1	63	65,7	206,1	50,7	
Pro 40 m ³		217,84*		318,8	84	87,6	274,8	67,6	

*N-Gesamt bei 70% Verfügbarkeit bei Gaben von 15, 30 und 40 m³

Wie auch bei der Ausbringung von Gülle ist hierbei auf eine verlustarme Ausbringung mit umgehender Einarbeitung zu achten. Stickstoff ist aus dem Gärprodukt bei der Düngeplanung zu ca. 70 % anzurechnen. Phosphor und Kalium können zu 100 % angerechnet werden.

Die Faktoren organisch/mineralisch wurden untereinander kombiniert. Somit ergaben sich 18 Varianten, die mit den jeweiligen (Rüben-ertrag, Zucker-ertrag und TS-Ertrag) dargestellt sind (Tabelle 3).

Tab.3: Übersicht der Düngungs- und Gärproduktgaben in Bezug auf Stickstoff 2012 am Standort Werlte mit den jeweiligen Ertragsdaten



Aus Tabelle 3 ist ersichtlich, dass die Stickstoffgabe von ca. 160 kg/ha aus Kombination von Gärprodukt und mineralischer Zudüngung ausreicht, um die besten TM-Erträge zu erzielen (gelbe Markierung). Bei der mineralischen Düngung erzielt man diese Ertragswerte mit 80 kg N/ha. Eine weitere Erhöhung der mineralischen Gabe erhöht nicht den Ertrag, sondern verringert ihn. Steigert man die N-Gabe über 190 kg (sowohl mineralisch als auch in Kombination aus mineralisch und Gärprodukt), dann sind die TM-Ertragszahlen leicht rückläufig. Daran gekoppelt nimmt der Zuckerertrag ebenfalls ab. Eine alleinige Gabe von 160 kg N/ha aus mineralischer Düngung liegt nur leicht über der Kontrollvariante ohne Düngung und unter der gelb markierten Kombinations-Variante. Das Ertragsniveau ohne N-Düngung ist mit 93,5 t/ha schon sehr beachtlich und zeigt das hohe Mineralisationspotenzial am Standort Werlte. Generell bestätigen die Versuchsergebnisse den empfohlenen Stickstoff-Sollwert von 160 kg N/ha.

Die Düngung von Zuckerrüben mit Gärprodukt ist als verträglich und zuwachs-fördernd einzustufen. Dabei sind 15 - 20 m³ Gärprodukt/ha im Frühjahr mit einer mineralischen Zudüngung in Höhe von 30 - 60 kg N/ha zur Förderung der Jugendentwicklung ausreichend. Auf jeden Fall sollte beachtet werden, wie sich das aus der jeweiligen Biogasanlage genutzte Gärprodukt in Bezug auf die Nährstoffe zusammensetzt.

Die Zuckerrübe hinterlässt im Herbst einen vergleichsweise niedrigen Rest-Nmin im Boden (Daten der LWK Niedersachsen) und ist von daher auch aus Wasserschutzgründen sehr interessant.

3.2.1 Düngungsversuche auf niederländischer Seite

Bei den Düngungsfragen wurden ähnliche Ergebnisse erzielt wie auf den deutschen Versuchsfeldern. Eine Düngung mit Gärprodukt zeigt positive Effekte. Die Zuckererträge pro Hektar liegen bei einer Gabe von 30 m³/ha und einer Gesamtgabe von 150 kg N/ha am höchsten (Abbildung 3). In diesen Versuchen konnte die mineralisch gedüngte Variante nicht mit der organisch gedüngten Variante gleichziehen. Auch zeigt sich, dass ab einer Gesamtmenge von ca. 150 kg N/ha ein Massenzuwachs und die damit verbundene Zuckerertragssteigerung nicht mehr gegeben sind.

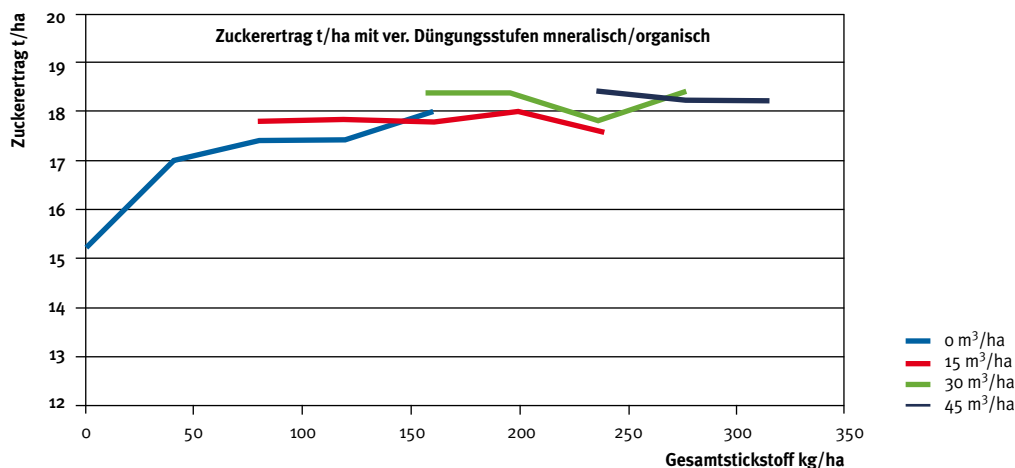


Abb. 3: Darstellung der Zuckererträge t/ha auf den Versuchsfeldern KANON-Valthermond 2012 mit Angabe der Stickstoffdüngungsvarianten

3.3 Bodenbearbeitungsversuche

In dem Versuch auf dem Versuchsfeld Werlte der Landwirtschaftskammer Niedersachsen wurden folgende Verfahren eingesetzt und im Ertrag miteinander verglichen (Tabelle 4):

Tab. 4: Varianten der Bodenbearbeitung im einjährigen Vergleich am Standort Werlte

Bodenbearbeitung		
Var. Nr.	Variante	
1	Pflug	<u>Mineralische Düngung:</u> N-Düngung auf Sollwert 160 - 20 kg (wg. langj. org. Düngung) = 140 kg N, mit KAS <u>Sorte:</u> Benno <u>Wiederholung:</u> im Streifen 4 Ernteparzellen (unechte Wiederholung)
2	Mulchsaat	
3	Untersaat	
4	Spatenmaschine	
5	Pflug (standardausgleich)	

Die Erträge unterschieden sich am Standort Werlte wie aus Abbildung 4 ersichtlich. Dabei ist bemerkenswert, dass trotz der hohen Erträge mit der Standardvariante Pflug, ein Plus von mehr als 7 % Ertrag mit der Bodenbearbeitungsvariante „Spatenmaschine“ möglich ist.

Eine Erklärung hierfür wäre, dass durch die Spatenmaschinenbearbeitung eine bessere Erwärmung des Bodens gewährleistet ist. Ebenfalls findet keine Verdichtung in einer Pflugsohle statt und die kapillaren Bodenporen bleiben erhalten. Dadurch wird eine bessere Versorgung der Pflanze mit Sauerstoff und Wasser ermöglicht.

Der leichte Ertragsrückgang, der bei der Variante „Untersaat“ entstand, ist eventuell auf Nährstoff- und Wasserkonkurrenz im Frühjahr zurückzuführen.

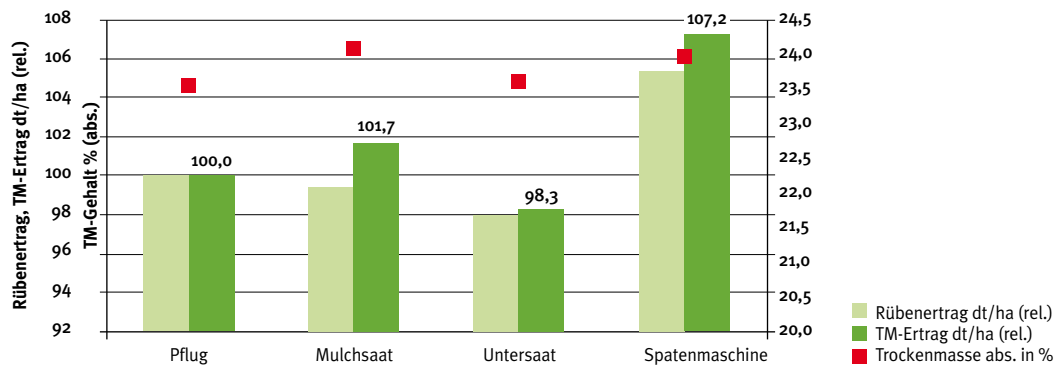


Abb.4: Vergleich der Bodenbearbeitung hinsichtlich der Erträge der Sorte Benno am Standort Werlte (Vergleichswert: Bodenbearbeitung Pflug). Die einjährigen Ergebnisse werden durch weitere Versuche in 2013 ergänzt.

3.3.1 Bodenbearbeitungsversuche auf niederländischer Seite

Die Ergebnisse hinsichtlich der Bodenbearbeitungsvariante Spatenmaschine konnten die auf deutscher Seite erhobenen Ertragsdaten nicht bestätigen. Die unten stehende Tabelle 5 zeigt, welche Erträge und mit welchem finanziellen Aufwand erzielt wurden. Die Ertragsergebnisse zeigen, dass alle Bearbeitungsmethoden einen relativ gleichen Output liefern.

Tab.5: Varianten der Bodenbearbeitung am niederländischen Standort in Valthermond mit Erträgen, Zuckergehalt und Zuckerertrag sowie entstandene Kosten (alle Angaben pro ha)

Maschine	Ertrag t/ha	Zuckergehalt %	Zuckerertrag t/ha	Kosten/ha €
Pflug	86.1	18.5	16.0	3915
Spatenmaschine	85.3	18.8	16.0	3975
Flügelschar	84.1	18.7	15.7	3885
Grubber	85.1	18.7	15.9	3918
Durchschnitt	85.2	18.7	15.9	3923

3.4 Erntezeitenversuch

In dieser Versuchsanstellung wurde der Effekt der unterschiedlichen Erntezeiten auf den Ertrag von Zuckerrüben (Benno) und Futterrüben (Ribambelle). Die Varianten und die Ergebnisse sind in Abbildung 5 dargestellt. Die N-Düngung betrug einheitlich 140 kg N/ha mittels KAS.

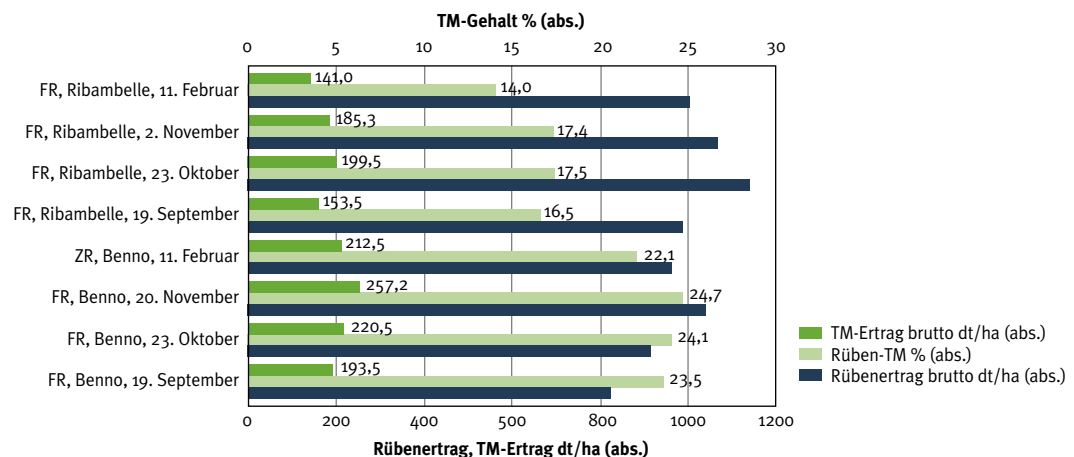


Abb.5: Ergebnisse der Ernteterminversuche am Standort Werlte im Versuchsjahr 2012/2013

Aus Abbildung 5 geht hervor, dass die Zuckerrüben wie erwartet über den längeren Standzeitraum einen Zuwachs an Masse erzielen konnten. Der Zuwachs innerhalb von zwei Monaten lag bei der Sorte Benno am Standort Werlte im Jahr 2012 bei 14,6 % (Vergleich September/November). Danach fällt dieser Ertrag wieder leicht ab, was in dem vorliegenden Fall an verdorbenen Rübenteilen lag. Die Futterrüben erzielten im Vergleich zu den Zuckerrüben einen höheren Frischmasseertrag (FM), bedingt durch den geringeren TM-Gehalt bleiben sie jedoch im TM-Ertrag hinter den Zuckerrüben zurück. Der Ertragsrückgang im Februar bei den Futterrüben mag auf die Einwirkung des Frostes zurückzuführen sein.

Unerwartet ist der leichte Rückgang der Erträge der Futterrübe Ribambelle beim Novembertermin. Dies ist vermutlich standortbedingt und muss im Jahr 2013 überprüft werden. Ein Hinweis darauf, dass es nicht an klimatischen Faktoren gelegen hat ist, dass auf einem Betrieb im benachbarten Lahn Futterrüben am 12.12.2012 gerodet wurden. Diese sahen sowohl hinsichtlich des Blattes als auch des Rübenkörpers sehr gut aus (Abbildung 6).



Abb. 6: Futterrüben im Bestand und gerodete Futterrüben am Standort Lahn vom Dezember 2012

Wichtig ist, dass die Böden auch im Winter gut befahrbar sind, um die „Lagerung“ im Boden auch in den kalten Monaten ausnutzen zu können. Dies ist auf den Versuchsflächen in Werlte der Fall, da sie einen hohen Sandanteil aufweisen. Damit kann die Zuckerrübe rechtzeitig, sobald der Boden auftaut, gerodet werden. Dies ist unabdingbar, da die Rüben bei Erwärmung schnell einen Großteil an vergärbare Masse verlieren, sofern sie nicht innerhalb weniger Tage gerodet werden.

Der Projektpartner RWG hat auf seinen Flächen ähnliche Voraussetzungen hinsichtlich der Befahrbarkeit des Bodens. Als Beispiel ist der Standort Messingen gewählt worden. Hier haben die letzten Rübenrodungen im Frühjahr (Februar/März 2013) stattgefunden. Die Erträge lagen brutto bei 96 bzw. 106 t/ha. Auf den Bildern ist gut erkennbar, dass die Rüben keine offensichtlichen Schäden genommen haben (Abbildung 7). Die Rüben können somit im Boden verbleibend „zwischengelagert“ und die Arbeitsspitzen weiter entzerrt werden. Ob Verluste hinsichtlich der organischen-Trockensubstanz (oTS) und der fermentierbar-organischen-Trockensubstanz (foTS) durch diese Art der Lagerung entstehen, konnte für 2012 nicht abschließend beurteilt werden.



Abb. 7: Gerodete Zuckerrüben vom Standort Messingen der RWG vom Februar 2013

3.5 Herbizidversuche

Innerhalb des Projektes wurden Herbizidmanagementstrategien miteinander verglichen. Die Versuche wurden an drei verschiedenen Standorten durchgeführt: Dalum, Sommeringen und Lahn (Tabelle 6). Die bonitierten Unkräuter sind in Tabelle 7 dargestellt. Innerhalb dieser Versuche konnten die Vorgaben von drei Pflanzenschutzmittelfirmen eine Variante des Computerprogramms LIZ und eine Beratervariante der LWK miteinander in Relation gesetzt werden. Als Kontrolle wurde eine unbehandelte Fläche bonitiert (Tabelle 8). Die Einzelflächen waren an jedem Standort 25 m² groß und wurden in vierfacher Wiederholung angelegt (insgesamt 100 m² pro Variante).

Tab.6: Herbizid-Nachauflaufkontrollen und Termine der Spritzungen

Ort	Termin 1. NAK	Termin 2. NAK	Termin 3. NAK
Lahn	02.05.2012	11.05.2012	31.05.2012
Sommeringen	02.05.2012	18.05.2012	04.06.2012
Dalum	02.05.2012	18.05.2012	30.05.2012

Tab.7: Bonitierte Unkräuter an den drei Standorten

Gänsefuss, Weisses, <i>Chenopodium album</i> L.
Hühnerhirse, Gemeine, <i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. BEAUV.
Hohlzahn, Acker-, <i>Galeopsis ladanum</i> L.
Kamille, Echte, <i>Matricaria chamomilla</i> L.
Nutzpflanzen, <i>Useful plants</i>
Rispengras, Einjaehriges, <i>Poa annua</i> L.
Knöterich, Winden-, <i>Polygonum convolvulus</i> L.
Nachtschatten, Schwarzer, <i>Solanum nigrum</i> L.
Sternmiere, Vogel-, <i>Stellaria media</i> (L.) VILL./CYR.
Schadpflanzen, <i>Weed plants</i>
Stiefmuetterchen, Acker-, <i>Viola arvensis</i> MURR.

Tab.8: Herbizidvarianten und Aufwandmengen pro NAK an den drei Standorten inklusiv der entstandenen Kosten für die Spritzmitteleinkäufe

Empfehlung von:	Mittel	1. NAK	2. NAK	3. NAK	€/ha	Gesamtkosten €/ha
--	1 Kontrolle	--	--	--	--	--
Bayer	2 Betanal Maxx Pro	1,5 l/ha	1,5 l/ha	1,5 l/ha	119,7	286,2
	2 Goltix Gold	1,5 l/ha	1,5 l/ha	1,5 l/ha	166,5	
Dupont	3 Betanal Maxx Pro	1,25 l/ha	1,25 l/ha	1,25 l/ha	99,75	248,57
	3 Debut	0,03 kg/ha	0,03 kg/ha	0,03 kg/ha	10,07	
	3 FHS (Debut)	0,375 l/ha	0,375 l/ha	0,375 l/ha	--	
	3 Goltix Gold	1,25 l/ha	1,25 l/ha	1,25 l/ha	138,75	
FCS Feinchemie	4 Debut		0,025 kg/ha	0,025 kg/ha	5,59	206,93
	4 FHS (Debut)		0,025 l/ha	0,025 l/ha	--	
	4 Goltix Gold			1 l/ha	37	
	4 Goltix Super	2 l/ha	2 l/ha	2 l/ha	120	
	4 Kontakt 320 SC	0,66 l/ha	1 l/ha	0,66 l/ha	38,74	
	4 Oleo FC	1 l/ha			5,6	
LIZ/LWK	5 Betanal Maxx Pro	1,5 l/ha		1,3 l/ha	74,48	244,09
	5 Goltix Gold	1,5 l/ha	0,65 l/ha	1,4 l/ha	131,35	
	5 Goltix Super		0,5 l/ha		10	
	5 Kontakt 320 SC		0,63 l/ha		10,52	
	5 Oleo FC	0,9 l/ha	0,5 l/ha		7,84	
	5 Spectrum			0,36 l/ha	9,9	
LWK-intern (nur in Lahn)	6 Betanal Maxx Pro	1,25 l/ha	1,25 l/ha	1,25 l/ha	99,75	254,67
	6 Debut		0,03 kg/ha	0,03 kg/ha	6,65	
	6 FHS (Debut)		0,023 l/ha	0,023 l/ha	--	
	6 Goltix Gold	1,25 l/ha	1,25 l/ha	1,25 l/ha	138,75	
	6 Oleo FC	0,7 kg/ha	0,5 l/ha	0,5 l/ha	9,52	

Die Ergebnisse mit den vorgeschlagenen Mitteln und Aufwandmengen auf den getesteten Flächen waren hinsichtlich der Unkrautbekämpfung absolut zufriedenstellend. Es sind keine Wuchshemmungen bei den Zuckerrüben zu verzeichnen gewesen und die Unkräuter sowie der unerwünschte Aufwuchs zwischen 97 % und 100 % bekämpft worden. Die Kosten der einzelnen Aufwandmengen sind in Tabelle 8 zu sehen. Alle Mittel in der jeweiligen Variante sind miteinander mischbar gewesen, sodass es pro NAK eine Überfahrt gab. Die zu Grunde gelegte Kostenliste ist von der LWK Niedersachsen zur Verfügung gestellt worden und jede Variante jeweils auf die größte Gebindeeinheit bezogen. Dabei kann man erkennen, dass zwischen den Kosten pro ha teilweise knapp 28 % bzw. 79,27 € liegen. Wenn man einen Betrieb mit 100 ha Zuckerrübenanbau als Beispiel nimmt, bedeutet dies bis zu 7930 € pro Jahr Mehrkosten bzw. Kosteneinsparungen.

4 Betrachtung der technisch-mechanischen Projektkomponente

4.1 Prozesskettenoptimierung hinsichtlich der Rübenverarbeitung

Im Rahmen dieses Projekts wurde 2012 und wird 2013 eine Betrachtung und Messung der Abläufe von Verarbeitungsprozessen durchgeführt und damit einhergehend das Potential zur Optimierung von Prozessketten evaluiert und in die Praxis umgesetzt.

Dafür wurden im Jahr 2012 an drei Biogasanlagen Messungen durchgeführt, wodurch man eine konkrete Aussage darüber treffen konnte, mit welchem Energieverbrauch und Kosteneinsatz die Rüben jeweils verarbeitet wurden. Diese drei Anlagen waren in zwei Fällen mit Hochsilos und in einem Fall mit einem 7000 m³ fassenden Erdbecken ausgestattet (alle lagerten Rübenmus). Der Lagerort Fahrsilo mit Ganzrüben wurde durch die LWK Niedersachsen ausgewertet.

In der Tabelle 9 sind die eingesetzten Maschinen aufgeführt. In die Kalkulation, die in diesem Bericht vorliegt, sind keine Abschreibungen und sonstige Kosten eingeflossen. Es wurden Maschinenmiete, Lohnkosten und Diesel- bzw. Stromkosten beachtet. Dabei wurden die entstehenden Kosten pro t Zuckerrübe vom Acker in den jeweiligen Lagerungsort betrachtet. Die Bezugsbasis für die Kosten pro Tonne Rübe war in allen Fällen die gemessene Tonnage an der Waage der jeweiligen Biogasanlage. Ebenfalls sind die jeweiligen Aufbau- und Abbauarbeiten sowie der Transport der Maschinen zur jeweiligen Biogasanlage in die Betrachtung der Kosten mit einbezogen worden. Diese wurden in diesem Projektbericht nicht einzeln dargestellt sondern sind der Kostengruppe „Verarbeitung“ durch den Gesamtbetrag der bezahlten Maschinenmiete direkt zugeordnet. Der Ansatz der Kosten- und Prozesskettenoptimierung ist innerhalb der Verarbeitungskette zu suchen.

Tab.9: Übersicht der eingesetzten Maschinen an den Biogasanlagen im Jahr 2012

Eingesetzte Maschine	Biogasanlage Erdbecken	Biogasanlage Hochsilo 1	Biogasanlage Hochsilo 2
Roder	Vervaet	Grimme Maxtron 620	SF 6 Kleine
Übergabe der Rüben am Feld an Transporter (1)	mobiler Greiferkran	durch Roder	durch Roder
Übergabe der Rüben am Feld an Transporter (2)	Thyregod Reinigungsband	--	--
Transporter (1)	LKW MAN TGS 440	Muldenkipper (12-15t)	Muldenkipper (12-15t)
Transporter (2)	Schlepper + Bandit Wagen	Muldenkipper (12-15t)	Muldenkipper (12-15t)
Übergabe der Rüben an Reinigungsmasch. (1)	Axion 850 mit Frontlader	Claas Skorpion 7040	Muldenkipper
Übergabe der Rüben an Reinigungsmasch. (2)	Claas Manitou MLT 840	--	--
Wäsche bzw. Reinigungsmaschine	Grimme Beet-Loader mit Siebdeck	KWS/Putsch-Wäsche	Wenning Rübenruck mit Wäsche
Muser bzw. Schredder	Doppstadt AK 430	Putsch RZK 2010	Wenning Rübenruck
Pumpe	--	Lipp-Ligamix	Wenning Rübenruck
Lagerungsort	Rübenmusbecken	Lipp-Hochsilo	Lipp-Hochsilo

An den Biogasanlagen wurde der Stromverbrauch während der Verarbeitung durch Messgeräte erfasst. Diese waren z.B. an der Pumpe und anderen elektrisch betriebenen Maschinen angeschlossen. Dadurch konnte eine lückenlose Erfassung der Ausfallzeiten erfolgen (siehe Markie-

rungen in Abbildung 8), da jedweder Ausfall an den Geräten selbst oder der vorhergehenden Kette durch die Stromabnahme erkennbar war. Weiterhin wurden an allen Anlagen die Zeitpunkte und die Mengen angelieferter Rüben dokumentiert.

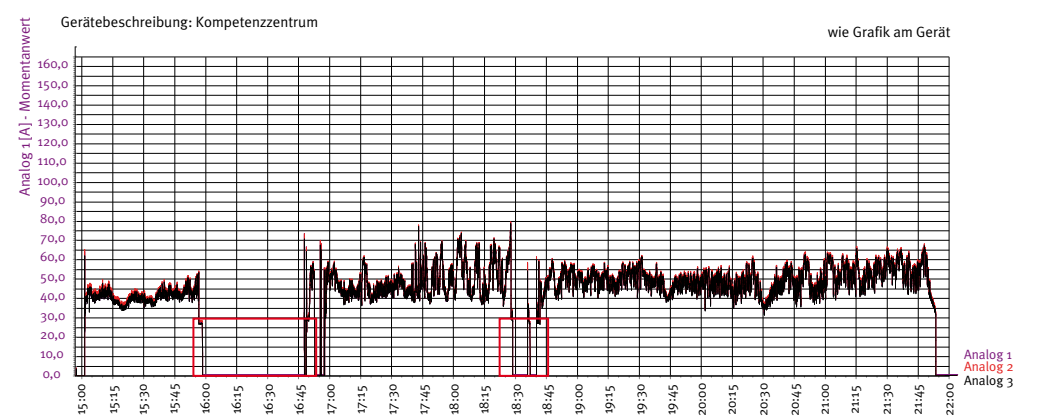


Abb.8: Verbrauchskurve des RZK 2010 (Zerkleinerer) im Auszug aus dem Strommessdiagramm (24.10.2012) – x-Achse (Zeit) und y-Achse (Ampere)

4.1.1 Biogasanlage Hochsilo 1 – Standort Messingen

An dieser Biogasanlage (betreut durch den Projektpartner Raiffeisen-Warengenossenschaft-Emsland-Süd [RWG]) wurden die Messungen vom 23. bis zum 25. Oktober 2012 vorgenommen. Es kamen die Maschinen gemäß Tabelle 10 zum Einsatz. An dieser Biogasanlage konnten aufgrund des ausreichenden Platzangebotes die Rüben zwischengelagert werden. Dies hat den Vorteil, dass bei einem langsamer laufenden Verarbeitungsprozess in der Wäsche oder dem Muser keine Unterbrechung der Rode- und Lieferkette erfolgen muss. Die durchschnittliche Erntemenge an dieser Anlage betrug während der Zeit der Messungen 104,6 Tonnen pro Hektar (t/ha) und der Durchsatz 81,41 Tonnen pro Stunde (t/h). Die Durchschnittsentfernung betrug etwa 2,7 Kilometer (km) vom Acker zur Anlage. Auf Basis dieser Daten wurden die Kosten ermittelt. Die Kostenverteilung ist in Abbildung 9 dargestellt.

Tab.10: Übersicht der eingesetzten Maschinen an der Biogasanlage Messingen mit Lagerung im Hochsilo, die Farben der Tabellenfelder entsprechen den Kostengruppen im Tortendiagramm

Eingesetzte Maschine	Biogasanlage Hochsilo 1	Kostengruppe	€/t
Roder	Grimme Maxtron 620	Roden	2,92
Übergabe der Rüben am Feld an Transporter (1)	durch Roder	Transport Feld-BGA	2,01
Übergabe der Rüben am Feld an Transporter (2)	--	Verarbeitung	3,03
Transporter (1)	Muldenkipper (12-15t)	Personal	0,53
Transporter (2)	Muldenkipper (12-15t)	Gesamt	8,49
Übergabe der Rüben an Wäsche (1)	Claas Skorpion 7040	Ausfallzeit	7,80%
Übergabe der Rüben an Wäsche (2)	--		
Wäsche bzw. Reinigungsmaschine	KWS/Putsch-Wäsche		
Muser bzw. Schredder	Putsch RZK 2010		
Pumpe	Lipp-Ligamix		
Lagerungsort	Lipp-Hochsilo		

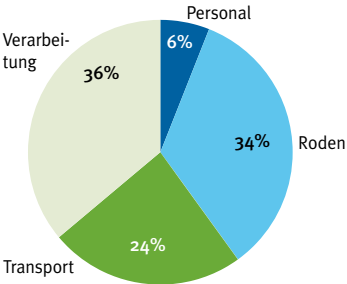


Abb.9: Kostenaufstellung an der Biogasanlage Hochsilo 1; Zeitraum – 23.10.2012 bis 25.10.2012

Die Effizienz konnte unter Einbeziehung der Ausfallzeiten im Vergleich zur Verarbeitung von 2011 an derselben Anlage um vier Prozent verbessert werden. Dieser relativ geringe Optimierungszuwachs ist damit zu erklären, dass der Vergleich mit einem Verfahrensweg aus der Jahr 2011 gemacht wurde, der bereits eine hohe Effizienz hatte. Die Kette lief sowohl in der optimierten Version 2011 als auch 2012 nahezu reibungslos und die Gesamtmenge von 1050 Tonnen konnte 2012 in drei Tagen am Standort Messingen vom Acker in das Hochsilo eingebracht werden.



Abb. 10: Blunk-Wäsche mit Steintrennung und Beet-Cruscher (Fa. Putsch) am Standort Messingen mit Hochsilolagerung

Für das Jahr 2013 sind zwei Kettenglieder für die Optimierung vorgesehen: Die RWG strebt an, die Rüben mit einer Verlademaus vom Feldrand direkt an die Schlepper zu übergeben. Somit wird die zeitliche und räumliche Trennung von Roder und Schlepperfahrten möglich. Eine weitere Verbesserung dieser Variante könnte dadurch entstehen, dass die Rüben am Feldrand leicht antrocknen und einiges an Schmutzanhaftung bei der Verladung verlieren. Dies würde im Nachgang an der Anlage einen Teil der Waschkosten einsparen. Zur Ausschöpfung von weiterem Optimierungspotential soll die direkte Übergabe vom Schlepper in die Wäsche durch einen ausreichend dimensionierten Bunker an der Wäsche ermöglicht werden. Dadurch könnte die Verfahrenskette um eine Arbeitskraft und einen Teleskoplader reduziert werden.

4.1.2 Biogasanlage Hochsilo 2 – Standort Sommeringen

An dieser Biogasanlage (ebenfalls betreut durch den Projektpartner RWG) kam eine Maschinenvariante zum Einsatz, bei der die komplette Aufbereitungskette auf einem Lkw-Sattelanhänger installiert ist. Dies umfasste die Rübenannahme, die Trockenreinigung, Entsteinung, Wäsche und das Pumpaggregat. Dies war von Vorteil, da an dieser Anlage die räumlichen Bedingungen eingeschränkt waren (Abbildung 11). Der eingesetzte Roder (Kleine SF 6) hatte eine Rodeleistung von etwa 60 t/h, welche die Verarbeitungsmöglichkeiten des Wenning-Rübenetrucks überstiegen. Da die Rüben nicht zwischengelagert werden konnten, kam es zu Wartezeiten der Schlepper. Dadurch waren die Kosten pro Tonne Rübe höher als an der Anlage Hochsilo 1 (Abbildung 9). Es handelt sich hierbei dennoch um eine gute Lösung bei geringem Platzangebot. Die eingesetzten Maschinen an dieser Biogasanlage sind in Tabelle 11 dargestellt.



Abb. 11: Einsatz des Rübenetrucks an der flächenmäßig begrenzten Biogasanlage in Sommeringen

Die relativ geringen Transportkosten (Abbildung 12) sind durch die sehr kurzen Fahrwege vom Acker zur Biogasanlage bedingt (größtenteils unter 1 km).

Die prozentualen Anteile der Kostengruppen sind dem vorherigen Berechnungsbeispiel recht ähnlich, jedoch unterscheiden sich die Absolutwerte deutlich (8,49 €/t zu 11,86 €/t).

Bei gleichen Rodekosten (Hektarpreis) unterscheidet sich die Kostengruppe „Roden“ an den Hochsilovarianten aufgrund der unterschiedlichen Durchsatzleistungen in den Preisen pro t Zuckerrübe gravierend. Liegen im Beispiel Hochsilo 1 die Erträge bei 104,6 t/ha, verteilt sich dieser Posten bei dem Standort Sommeringen auf 73,5 t/ha und einen Durchsatz von 37,5 t/h. Somit sind die festen Hektarkosten auf weniger Tonnen Rüben umzulegen.

Die größte Kostengruppe stellen die Verarbeitungskosten dar. Für Entsteinen, Waschen, Musen und Pumpen wurde ein Tonnenpreis von 4,50 Euro plus 0,68 Euro Diesel gezahlt.

Tab.11 : Übersicht der eingesetzten Maschinen an der Biogasanlage Sommeringen mit Lagerung im Hochsilo, die Farben der Tabellenfelder entsprechen den Kostengruppen im Tortendiagramm

Eingesetzte Maschine	Biogasanlage Hochsilo 2
Roder	SF 6 Kleine
Übergabe der Rüben am Feld an Transporter (1)	durch Roder
Übergabe der Rüben am Feld an Transporter (2)	--
Transporter (1)	Muldenkipper (12-15t)
Transporter (2)	Muldenkipper (12-15t)
Übergabe der Rüben an Wäsche (1)	Muldenkipper
Übergabe der Rüben an Wäsche (2)	--
Wäsche bzw. Reinigungsmaschine	Wenning Rübenruck mit Rübenwäsche
Muser bzw. Schredder	Wenning Rübenruck
Pumpe	Wenning Rübenruck
Lagerungsort	Lipp-Hochsilo

Kostengruppe	€/t
Roden	4,02
Transport	2,22
Verarbeitung	5,18
Personal	0,44
Gesamt	11,86
Ausfallzeit	0%

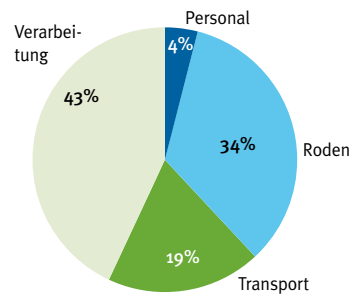


Abb.12: Kostenaufstellung an der Biogasanlage Hochsilo 2; Zeitraum ~25.10.2012

4.1.3 Biogasanlage Rübenmusbecken – Standort Geeste

Die Biogasanlage des Betriebes Ralf Otten Biogas GbR in Geeste unterscheidet sich hinsichtlich mehrerer Faktoren von den zuvor genannten Anlagen. Hier wurden die Rüben nur durch einen Thyregod-Rübenreinigungsgerät am Acker und den Beet-Loader der Firma Grimme an dem Erdbecken jeweils über ein Sternsieb und Reinigungswalzen grob gereinigt. Dies war möglich, da in dem Boden keine Steine waren. Für diese Anlage wurde in der Kostengruppenübersicht der Punkt Verladen (am Feld) mit eingefügt. Die Lagerung der verarbeiteten Rüben findet in einem Rübenmusbecken statt.

Die Kosten für diese Verfahrenskette sind in Abbildung 13 dargestellt.

Gerodet wurde mit einem Vervaet-Roder zum festen Hektarpreis. Durch die geringere Motorleistung des Roders an der Variante „Erdbecken“ waren der Dieselverbrauch und damit einhergehend die Kosten pro t Zuckerrübe geringer. Die geringere Bunkergröße des Roders konnte kompensiert werden, da die Rüben auf dem Acker direkt in einer Zwischenmiete gelagert werden konnten. Allerdings verursachte das Verladen weitere Kosten, dafür wurde aber eine Vorreinigung am Feld durch den Thyregod-Übergabewagen vorgenommen.

Die zum Transport zur Biogasanlage eingesetzten Maschinen sind Tabelle 12 zu entnehmen. An der Anlage erfolgte die Befüllung des Beet-Loaders mit einer zu klein dimensionierten Schaufel am eingesetzten Claas Axion (1,5 m³ statt 7 m³). Aus diesem Grund musste ab dem zweiten Tag eine zweite Maschine zum Befüllen des Beet-Loader gemietet werden. Daraus resultierten höhere Kosten.

Es wurde für die anschließende Zerkleinerung ein sehr schlagkräftiger Muser der Firma Doppstadt eingesetzt, der allerdings zu keinem Zeitpunkt wegen der geringen Nachlieferung der Rüben ausgelastet war.

Die Verarbeitung war trotz der Vielzahl an Maschinen (zwei Fahrzeuge für das Befüllen + Beet-Loader und Muser) relativ günstig pro Tonne Zuckerrübe. Beachtet werden muss in diesem Fall aber, dass kein Waschen der Rüben stattgefunden hat. Die Kostengruppen sind in Abbildung 12 dargestellt und zeigen, dass mit geringen Kosten pro t gearbeitet werden konnte.

Der begrenzende Faktor in dieser Prozesskette nach Einsatz der zweiten Maschine zum Befüllen an der Biogasanlage war der Beet-Loader.

Tab.12: Übersicht der eingesetzten Maschinen an der Biogasanlage Geeste mit Lagerung im Erdbecken, die Farben der Tabellenfelder entsprechen den Kostengruppen im Tortendiagramm

Eingesetzte Maschine	Biogasanlage Erdbecken
Roder	Vervaet
Übergabe der Rüben am Feld an Transporter (1)	mobiler Greiferkran
Übergabe der Rüben am Feld an Transporter (2)	Thyregod Reinigungsband
Transporter (1)	LKW MAN TGS 440
Transporter (2)	Schlepper + Bandit Wagen
Übergabe der Rüben an den Beet Loader (1)	Axion 850 mit Frontlader
Übergabe der Rüben an den Beet Loader (2)	Claas Manitou MLT 840
Wäsche bzw. Reinigungsmaschine	Grimme Beet-Loader
Muser bzw. Schredder	Doppstadt AK 430
Pumpe	--
Lagerungsort	Rübenmusbecken

Kostengruppe	€/t
Roden	2,56
Verladen	0,31
Transport	1,1
Verarbeitung	2,66
Personal	0,34
Gesamt	6,97
Ausfallzeit	2,4%

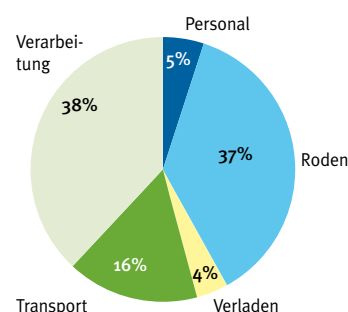


Abb.13: Kostenaufstellung an der Biogasanlage Erdbecken;
Zeitraum: 20.11.2012 bis 22.11.2012

Vornehmlich wird diese Maschine dazu eingesetzt, Erntematerial über weite Distanzen oder aber in große Höhen zu transportieren. Für die Ganzrübensilierung ist diese Maschine ideal ausgelegt. Am Erdbecken musste der Loader allerdings auf einer Rampe stehen und konnte daher nicht mit der vollen Bunkerkapazität arbeiten. Daraus resultierte, dass auch der Muser der Firma Doppstadt nicht mit der vollen Auslastung arbeiten konnte. Die zu geringe Nachflussmenge an Rüben im Schredder führt dazu, dass der Druck der nachfolgenden Rübenkörper zu gering war und eine gleichmäßige Musbildung erschwerte. Nach Aussage des Betriebsleiters sind dadurch einige grobe Zuckerrübenstücke in das Erdbecken gelangt. Ein Nachteil für die am Becken installierte Pumpe.

Die Verfahrenskette soll 2013 durch einen Verladebagger am Erdbecken modifiziert werden. Dies würde dafür sorgen, dass lediglich ein klein dimensioniertes Schaufelfahrzeug an der Annahmepalette die Rüben in regelmäßigen Abständen zusammen schieben müsste. Ebenfalls könnten Behinderungen der LKW und Befüllfahrzeuge vermieden werden.

Beide beteiligten Praxisbetriebe sehen eine **Möglichkeit der Verschlinkung des Gesamtprozesses** in dem Einsatz einer Verlademaus für das Jahr 2013. Dies hätte zur Folge, dass für die Biogasanlage des Betriebs Otten das Thyregod-Verladeband und ein Bagger samt Fahrer am Feld eingesetzt werden können.



Abb. 14: Transport der Rüben auf dem Beet-Loader (Fa. Grimme) zum Schredder (Fa. Doppstadt) mit direkter Übergabe des Rübenmuses ins Erdbecken

4.2 Kostenvergleich der Einsatzsubstrate Zuckerrübe vs. Mais anhand der praxisbetrieblichen Kenndaten

Die folgende Übersicht (Tabelle 13) gibt die Kernaussagen einer betriebswirtschaftlichen Ausweitung des Berichts wieder, die von der LWK Niedersachsen auf der Grundlage der im GroenGas-Projekt erhobenen Daten erstellt wurde. Es sind die produktionstechnischen Abläufe und die ökonomischen Rahmenbedingungen des Anbaus von Energierüben und Silomais unter Berücksichtigung regionalspezifischer Unterschiede dargestellt.

Auf den oben beschriebenen Prozessketten aufbauend werden die Kosten der Bereitstellung von Energierüben frei Fermenter berechnet.

Die Berechnungen wurden dabei weitestgehend unter Verwendung vorliegender und zusätzlich erhobener Daten aus den derzeit insgesamt drei Betrieben, die sich an dem Modellvorhaben „Biogasrübe“ mit eigenen produktionstechnischen Versuchen zur verschiedenen Lagerungstechniken beteiligen, erstellt.

Damit die Berechnungsergebnisse Entscheidungshilfen für den zukünftigen Anbau von Substraten für Biogasanlagen geben können, ist in der Beurteilung darauf zu achten, dass die Verfahrensketten in abgestimmter Dimensionierung vollständig und hinsichtlich der ermittelten Kosten unter Berücksichtigung des in den ersten Pilotjahren bereits festgestellten Optimierungspotenzials erfasst werden.

Die Ergebnisse sind für die drei zu analysierenden Lagerungsverfahren denen des in der Praxis gebräuchlichen Lagerungsverfahrens für Maissilage vergleichend gegenüber gestellt.

Dafür werden die Ergebnisse der folgenden drei Berechnungsblöcke in Tabelle 13 (Seite 20) dargestellt:

1. Bereitstellungskosten frei Feldrand
2. Kosten für Laden am Feldrand und Transport zu den geplanten Lagerstätten
3. Kosten für Aufbereitung, Einlagerung, Lagerstätte, Lagerung, Entnahme aus dem Lager und der Beschickung der Biogasanlage



Abb. 15: Rüben in Feldmiete



Abb. 16: Erdbecken mit Rübenbrei

Tab. 13: Auflistung der Kosten verursacht durch die Bereitstellung von Zuckerrüben als Einsatzsubstrat für Biogasanlagen aus dem Biogasrübe-Projekt mit Vergleichskosten für das Substrat Silomais

Lagerungsart		Siloplatte (Soltau)		Erdbecken (Geeste)		Hochbehälter (Lünne)		Silomais (Preisniveau EL)	
Produktzustand		Ganzrübensilage		Rübenbrei		Rübenbrei		Maissilage	
		€/Jahr	€/t	€/Jahr	€/t	€/Jahr	€/t	€/Jahr	€/t
1.2.1.	Ankauf/Bereitstellung Rüben	199.004	26,80	191.748	34,51	64.041	31,60	340.123	38,19
1.2.2.	Ernte (Lohnunternehmer)	31.196	4,20	13.607	2,45	6.659	3,29	28.719	3,22
1.2.3.1	Laden am Feldrand			3.063	0,55				
1.2.3.2	Reinigung Feldrand	20.355	2,74	5.668	1,02	2.261	1,12		
1.2.3.3	Entsorgung Reinigungsabfall			323	0,06				
1.2.4.	Anlieferung	46.296	6,23	10.414	1,87	4.361	2,15	21.334	2,40
1.2.5	Annahmebehälter			2.824	0,51				
1.2.6.	Beschickung Reinigung			3.082	0,55	1.788	0,88		
	alternativ			2.698	0,49				
1.2.7.	Reinigung vor Muser/Lager	12.445	1,68	3.100	0,56	6.844	3,38		
1.2.7.1	Entsorgung Reinigungsabfall	423	0,06	450	0,08				
1.2.8.	Zerkleinerung			7.090	1,28	2.805	1,38		
1.2.9.	Einbringung ins Lager					1.006	0,50	7.221	0,81
1.2.10.1	Lager	15.155	2,04	13.638	2,45	10.095	4,98	13.859	1,56
1.2.10.2	Folie, Netze, abdecken	6.034	0,81					7.733	0,87
1.2.10.3	Sickersaft pumpen	4.551	0,61						
1.2.11.	Entnahme			5.401	0,97				
1.2.12.	Einbringung in Annahme	10.944	1,47					18.427	2,07
1.2.13.1	Reinigen/Zerkleinern	21.779	2,93						
1.2.13.2	Entsorgung Reinigungsabfall	918	0,12						
1.2.13.3	Annahmebehälter							11.574	1,30
1.2.13.4	Einbringung Fermenter	5.053	0,68	1.798	0,32	1.006	0,50	3.261	0,37
Gesamtkosten (€/t eingebrachtes Substrat)		374.153	48,65	262.205	47,20	101.079	49,88	452.252	50,78

Aufgrund der umfangreichen Datensätze aus dem GroenGas-Projekt Biogasrübe wird der detaillierte Bericht als eigenständige Dokumentation „Vergleich der Bereitstellungskosten von Zuckerrüben- und Maissilagen als Substrate für Biogasanlagen“ herausgegeben.

4.3 Umsetzungskinetik der gelagerten Rüben an den unterschiedlichen Lagerungsvarianten

Um die Verluste und die Umsetzungskinetik der gelagerten Rüben an den unterschiedlichen Lagerungsvarianten Rübenmusbecken, Hochsilo und Ganzrübensilage zu beurteilen, werden innerhalb des Projektes in regelmäßigen Abständen Proben aus dem jeweiligen Lagerungsort entnommen. Dies geschieht bei den Varianten Hochsilo und Becken aus dem zweiten Fütterungsstrang. Bei der Ganzrübe müssen die Rüben per Hand aus dem Silostock gezogen werden. Alle Proben werden sofort nach Entnahme gefroren und dann gefroren transportiert und wieder im Gefrierschrank bis zu ihrer Untersuchung eingelagert.

Da 2012 keine Nullproben genommen werden konnten, war eine Verlustbestimmung für das Jahr 2012 nicht möglich. Diese notwendigen Nullproben wurden aber im Jahr 2013 an allen Lagerstätten genommen, so dass eine Vergleichbarkeit des Outputs mit dem Input vorgenommen werden kann. Abbildung 13 zeigt exemplarisch eine Analyse der Rübenprobe aus dem Labor der KWS Saat AG kommend. Die Anteile von Rest = Polysaccharide, Mark = 4 % Zucker, EtOH = Ethanol, Säure, Zuckeralk= Zuckeralkohole, Sacch = Saccharose und Hexosen am Gesamt-TS wurden ermittelt und dargestellt.

Zu beachten ist, dass die Zeitachsen der beiden unten stehenden Analysen nicht gleich verlaufen. Der Balken 06.08. in der roten Markierung in der Abbildung 17 ist mit der grünen Markierung 22.08. in der Abbildung 18 zu vergleichen. Für den Lagerort Rübenmusbecken konnten vom 08.05. bis zum 06.08. keine Daten erhoben werden.

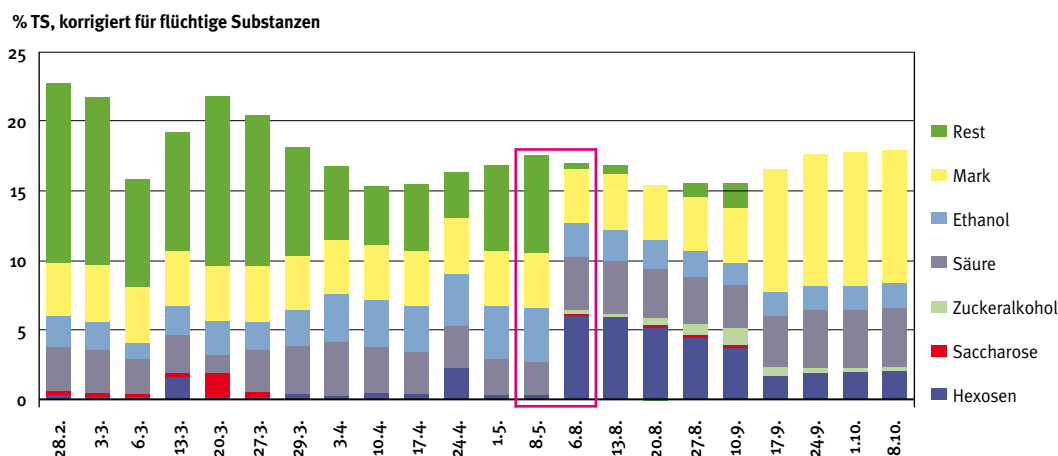


Abb. 17: Laborwerte des Rübenmuses aus dem Lagerort Rübenmusbecken, Betrieb Biogas Ralf Otten, mit regelmäßiger Beprobung direkt aus Fütterungsstrang entnommen

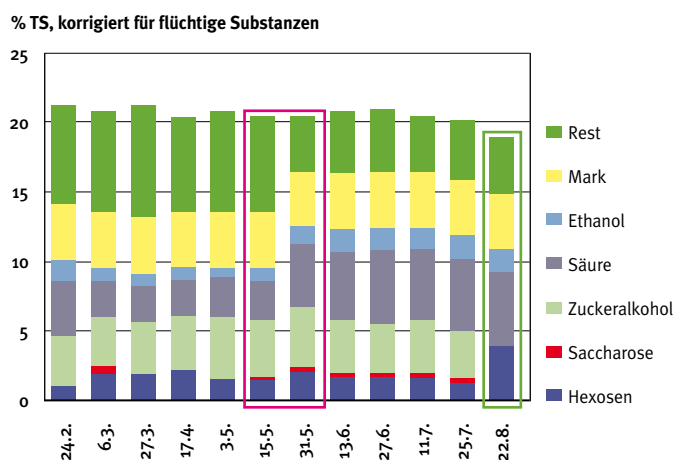


Abb. 18: Laborwerte des Rübenmuses aus dem Lagerort Hochsilo, Biogasanlage durch RWG betreut, mit regelmäßiger Beprobung direkt aus Fütterungsstrang entnommen

Für das Jahr 2012 ist eine Aussage über die Umsetzungskinetik im Lagerort (Hochsilo/Rübenmusbecken) möglich. Dabei zeigt sich sehr deutlich, dass für die beiden rot markierten Bereiche eine Umsetzung des Anteils „Rest“ zu „Hexosen“ und „Säuren“ erfolgte. Da es sich bei dem „Rest“ um Mehrfachzucker handelt, muss von einer Umsetzung dieser Polysaccharide ausgegangen werden. Diese Umsetzung erklärt sich wahrscheinlich aus der Einwirkung der Umgebungstemperatur. Ab dem 18.05.2012 stiegen die Temperaturwerte an der Wetterstation Lingen von 20° C auf bis zu 30,6° C (bis einschließlich 28.05.2013; Ø 24,05° C). Dabei entstehen aus den Polysacchariden mit steigender Säureentwicklung die Hexosen Fructose und Glucose. Es konnte gezeigt werden, dass die Rübe in der gemusten Variante vollständig und selbsttätig durchsiliert. Eine Zugabe von Siliermitteln ist nicht zwingend notwendig und spart dementsprechend Kosten.

Sehr interessant sind die Verläufe über die Zeit und Zusammensetzungen der TS-Gehalte. Der Lagerort Hochsilo in Abbildung 18 zeigt sehr konstante Zusammensetzungen des Rübenmuses, wohingegen der Lagerort Erdbecken (Abbildung 17) eine relativ stark schwankende Zusammensetzung und einen unterschiedlich hohen TS-Gehalt im Rübenbrei aufweist. Im Mittel ist zu sehen, dass die TS-Gehalte im Hochsilo auf Grund der geschlossenen Lagerung und wesentlich geringeren Oberfläche zum Behältervolumen im Vergleich zum Erdbecken höher sind. Eine Aussage darüber, ob und inwiefern das Methanbildungspotential des Substrates dadurch verändert wird, ist allerdings nicht zu treffen.

Um eine Aussage über die Schichtenbildung und die Verluste im Erdbecken treffen zu können, beschäftigte sich die Firma Ceno-Tec, die KWS Saat AG, die Nordzucker AG, Ralf Otten Biogas GbR und das 3N Kompetenzzentrum intensiv mit der Frage, wie eine repräsentative Substratentnahme aus dem Becken ermöglicht werden kann. Dabei wurden Versuche im Jahr 2012 mit einer „Pool-Nudel“ aus Acryl-Glas und Verschlussstopfen durchgeführt. Da diese Versuche sehr unbefriedigend verliefen, hat die Firma Ceno-Tec ein Edelstahl-Entnahmegerät konstruiert, welches durch einen von oben verschließbaren Kopf Substrat aus den entsprechend anvisierten Tiefen zielgenau und ohne Vermischung entnehmen kann (Abbildung 19). Um an die entsprechenden Stellen im Rübenmusbecken zu gelangen, wurden die Projektbeteiligten via Autokran und Hebekorb über der zu beprobenden Fläche des Erdbeckens abgesetzt (Abbildung 20).

Die genommenen Substratproben werden durch Temperaturmessungen eines Hartmantel-PT100 mit angeschlossenem Display aus den jeweiligen Tiefen ergänzt. Dadurch kann die biologische Aktivität innerhalb des Substrates ermittelt und eine mögliche Korrelation der Umsetzungsprozesse mit der Temperatur aufgezeigt werden.



Abb. 19: Entnahmegerät für Rübenproben aus dem Rübenmusbecken



Abb. 20: Autokran am Rübenmusbecken des Betriebes Biogas Ralf Otten - Projektbeteiligte im Korb

4.4 Technikoptimierung im Durchflussprozess (Plurry-Maxx der Fa. Röring)

Vortests zur Effizienzsteigerung in bestehenden Biogasanlagen wurden im Herbst 2012 mit einem neu entwickelten mechanischen Aufschlussverfahren durchgeführt.

Bei dieser Technik wird eine Maschine des Projektpartners Energie-Anlagen Röring GmbH innerhalb des Durchflussprozesses auf einer Biogasanlage der RWG getestet. Es handelt sich dabei um eine Neuentwicklung, die in den Durchflussprozess integriert wird (Abbildung 21).

Dabei sorgen rotierende Messer für einen mechanischen Aufschluss des Substrates, wodurch eine größere Oberfläche erreicht wird. Unvergoresenes Material (Maiskörner, Stroh und andere schwer aufzuschließende Materialien) wird nach dem Prozess zu einem sämigen Brei (Abbildung 22).

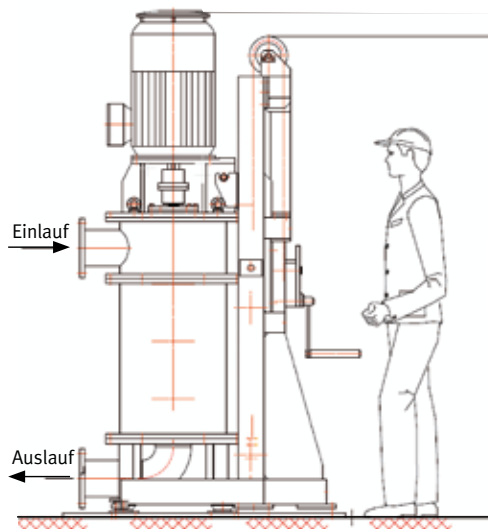


Abb. 21: Schema der installierten Desintegrationseinheit Plurry-Maxx, Energie-Anlagen Röring GmbH



Abb. 22: Gärrest vor und nach dem Durchfluss durch die Desintegrationseinheit Plurry-Maxx

Die Ergebnisse werden nach abgeschlossener Testreihe veröffentlicht.

4.5 Ergebniszusammenfassung

Wie die Ergebnisse des Projektes zeigen, sind die pflanzenbaulichen Fragen zu Herbizideinsatz und Sortenspektrum weitgehend geklärt. Neue Sorten und Züchtungsergebnisse lassen aber in Zukunft weitere deutliche Ertragsfortschritte erwarten.

Zum Herbizideinsatz sollten Anbauer die jeweiligen Kosten der Varianten beachten. Die Kostenunterschiede lagen 2012 bei bis zu 79 € pro ha.

Eine Bodenbearbeitungsvariante stellt die Spatenmaschine dar, deren Einfluss auf den Massezuwachs noch weitergehend untersucht werden muss (in den Werlter Ergebnissen 7 % Mehrertrag gegenüber der Pflugvariante).

In den Düngungsversuchen konnte gezeigt werden, dass mit einer N-Gabe von ca. 160 kg/ha in Kombination von organischer und mineralischer Form sehr gute Ergebnisse erzielt werden können. Im Hinblick auf die Nitratproblematik – besonders in Wasserschutzgebieten – hat die Zuckerrübe deutliche Vorteile gegenüber dem Mais, da diese Frucht einen geringen Nitratrückstand im Boden belässt. Auch die aktuellen Fragen, welche im Rahmen von Wasserschutzrichtlinien im Zusammenhang mit Betrieb sowie Repowering von Biogasanlagen für Unsicherheit sorgen, können mit der Zuckerrübe zumindest anteilig entschärft werden.

Die Erntezeitenversuche belegen, dass die Rübe bei geeignetem Boden relativ problemlos über den Winter im Feld belassen werden kann. Daraus entstehende Vorteile sind die entzerrten Arbeitsspitzen und die geringeren Lagerungskosten. Ebenfalls muss beachtet werden, dass der Boden vom Blattwerk der Zuckerrübe auch über den Herbst und Winter geschützt wird während andere Kulturen schon längst einen eventuell erosionsanfälligen Kahlboden hinterlassen haben. Weitere Versuche werden benötigt, um die Ertragszahlen in Abhängigkeit vom Erntetermin abzusichern.

Da Zuckerrüben nur in vier-jähriger Fruchtfolge angebaut werden können, bedeutet ihr Anbau eine Bereicherung der Ackernutzung und Biodiversität.

Die verfahrenstechnischen Fragen stellen im Biogasrübeprojekt die größten Herausforderungen dar. Die positiven Ergebnisse 2012 und die sichtbaren Potentiale lassen für 2013 erahnen, dass eine weitere Einsparung und Effizienzsteigerung hinsichtlich des Prozesskettenmanagements möglich ist.

5 Ausblick und offene Fragen

Hinsichtlich der Rübe als Einsatzsubstrat sind noch einige Fragen zu klären. Auch Substrate mit einem höheren Gehalt an Zellulose und Hemizellulose könnten mit der Zuckerrübe zusammen ihren Weg in die Biogasanlage finden. So werden aktuell in unterschiedlichen Substratzusammensetzungen die Kombinationen aus Mais, Gülle und Zuckerrübe in Batchtests innerhalb des Projekts analysiert. Diese Versuche sollen zeigen, in wie fern die Rübe einen Mehrwert, also Synergieeffekt, mit sich bringt. Die Fragestellung ist, ob die eingebrachten Zucker zu einer vollständigeren Vergärung des Maisanteils führen oder aber „lediglich“ die Umsetzungskinetik beschleunigt wird.

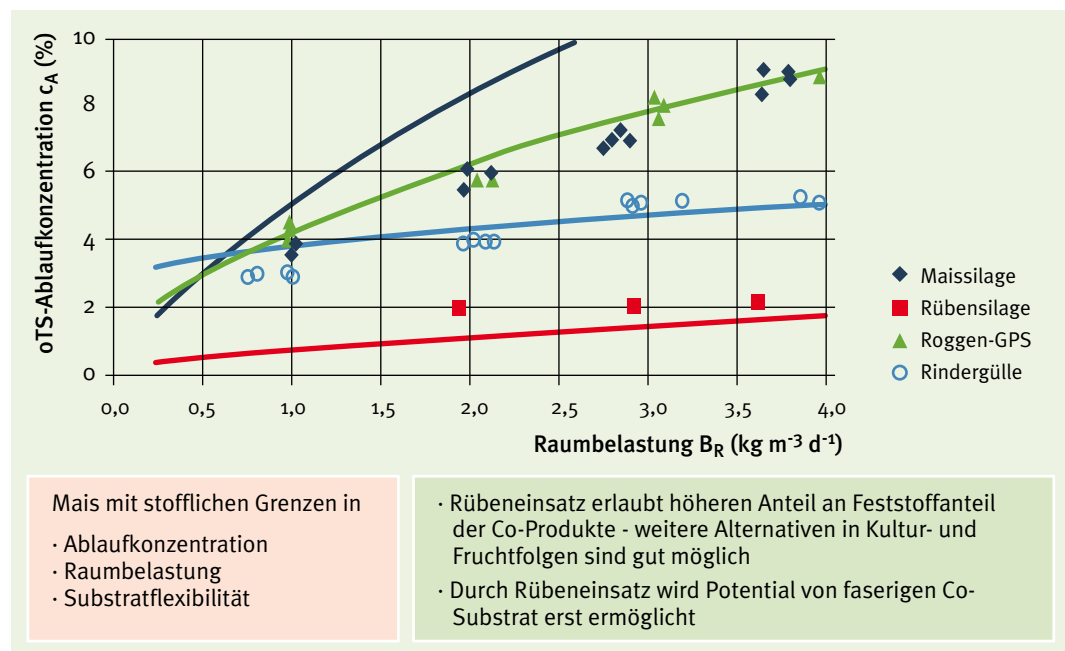


Abb. 23: Darstellung der oTS-Ablaufkonzentration bei verschiedener Raumbelastung unter Einsatz unterschiedlicher Substrate im Vergärungsfermenter einer Biogasanlage, verändert nach Mähnert, „Kinetik der Biogasproduktion aus nachwachsenden Rohstoffen und Gülle“, 2007

Wie Abbildung 23 zeigt, kann der Fermenter bei Fütterung mit Zuckerrübe mit einer hohen Raumbelastung gefahren werden. Bei Mais ist die Austragskonzentration an oTs bei weit geringeren Raumbelastungen wesentlich höher. Dies lässt vermuten, dass bislang nicht einsetzbare Alternativkulturen in Zukunft in Kombination mit der Zuckerrübe eine Möglichkeit haben, ebenfalls als Biogassubstrat eingesetzt zu werden. Dabei rücken Alternativen in den Fokus, die auf Grund ihrer mehrjährigen Standzeit keine Bodenbearbeitung benötigen und eine extensive Bewirtschaftungsform mit organischer Düngung möglich machen.

Eine weitere Frage bleibt zu klären: Ist eine Vergrößerung des Gärproduktbehälters notwendig bei Einsatz von Zuckerrüben in der Biogasanlage? Es kann davon ausgegangen werden, dass sich der Output an Gärprodukt höchstens unwesentlich erhöhen wird. Dafür sprechen zwei Tatsachen:

- 1.) Die Menge, die an tatsächlich verdaulicher Trockensubstanz (foTS) vorliegt, unterscheidet sich zwischen Mais und Zuckerrübe lediglich um ca. 4 %. Das liegt daran, dass in der Zuckerrübe vor allem Zucker als TS vorkommt. Andere fibröse Stoffe enthält die Rübe im Gegensatz zum Mais in nur geringem Umfang. Somit bedeutet ein TS-Unterschied von ca. 8 % (32 % TS Mais zu 24 % TS Rübe), wie er üblich ist, nicht, dass der Gärproduktoutput auch um diesen Faktor höher ist. Dieser liegt lediglich bei den genannten ca. 4 %, da die Zuckerrübe eine höhere Verdaulichkeit besitzt und die C-Ketten dadurch umfangreicher von den Bakterien im Fermenter zu CH₄ abgebaut werden.
- 2.) Der Betrieb Otten kann durch den Einsatz der Zuckerrübe als Substrat in der Praxis den Mais mit einer höheren TS-Substanz ernten. Das hat zur Folge, dass durch diesen Schritt die TS-Gehalte im Mais bei ca. 35 % liegen und damit weniger Wasser im Gesamtprozess vorliegt. Diese Einsparung bedingt, dass der Anstieg an Gesamtoutput an Gärprodukt minimal und vernachlässigbar ist.

Es konnte gezeigt werden, dass die Zuckerrübe als Biogassubstrat eine ganze Reihe von Vorteilen mitbringt. Das Projektjahr 2013 wird ergänzende Ergebnisse liefern können.

Projektpartner und Ansprechpersonen:

Firma / Ansprechperson

Adresse / Kontakt



KWS Saat AG
Dr. Andreas von Felde
Ulrike Jeche

Grimsehlstraße 31 | 37555 Einbeck
05561 - 311542 | andreas.vonfelde@kws.com
05561 - 311995 | ulrike.jeche@kws.com



Nordzucker AG
Claus Pommerehne

Küchenstraße 9 | 38100 Braunschweig
0531 - 2411172 | claus.pommerehne@nordzucker.de



Raiffeisen Emsland-Süd eG.
Bernhard Temmen

Lingener Straße 20 | 48480 Lünne
05906 - 934426 | temmen@raiffeisen-emsland-sued.de



Biogas Otten GbR
Ralf Otten

Ölwerkstraße 96 | 49744 Geeste
05937 - 98740 | mail@biogas-ralf-otten.de



Energie-Anlagen Röring GmbH
Alfred van den Berg

Rudolf-Diesel-Straße 3b | 48691 Vreden
02564 - 3949390 | a.vandenberg@energieanlagen-roering.de



Kompas Kanon
Klaas Wijnholds

Noorderdiep 211 7876 | CL Valthermond
0031 - 599 662577 | klaas.wijnholds@wur.nl



Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Ludger Tapken

Kompaniestraße 1 | 49757 Werlte
05951 - 989325 | Ludger-tapken@lwk-niedersachsen.de

Johann Högemann

An der Feuerwache 14 | 49716 Meppen
05931 - 403203 | johann.hoegemann@lwk-niedersachsen.de



3N Kompetenzzentrum
Sascha Hermus

Kompaniestraße 1 | 49757 Werlte
05951 - 989323 | Hermus@3-n.info

Impressum

Herausgeber:



3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachhaltige Rohstoffe e.V.
Kompaniestraße 1 | 49757 Werlte | Telefon: +49 (0) 5951 - 9893-10 | Internet: www.3-n.info

Redaktion:

Msc. Sascha Hermus | ViSdP: Dr. Marie-Luise Rottmann-Meyer

Layout: Margit Camille-Reichardt

Fotos: S. Hermus, 3N, B. Tennen (2, Seite 11, unten), A. van den Berg (Seite 23)

Projekt:



Gefördert durch:

