

Zwischenfrüchte in die Biogasanlage?

Energetische Leistung je Hektar steigt

Sebastian Hötte, Günter Stemann und Norbert Lütke Entrup, Soest

Der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen als Energiepflanzen für die Biogasproduktion wird vor dem Hintergrund des ab 2009 gültigen Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) weiter an Bedeutung gewinnen. Der Energiepflanzenanbau für die Erzeugung von Biogas beträgt bereits über 300.000 ha (2008). Dabei wird zu 80 Prozent Mais für die Biogasanlagen genutzt und nur zu einem kleinen Teil werden Getreidearten als vermahlene Korn oder als Ganzpflanzensilage (GPS), Sorghum, Gräser oder Zucker- und Futterrüben eingesetzt.

Um die Diskussion „Tank oder Teller“ zu entschärfen und um weitere Flächenpotenziale für den Energiepflanzenanbau zu erschließen, müssen Anbausysteme entwickelt werden, die es ermöglichen, ausreichend Biomasse außerhalb der Anbauzeiträume von Hauptfrüchten zur Nahrungs- oder Futtermittelproduktion zu erzeugen. Reserven befinden sich in den Teilbrachezeiten von Fruchtfolgesystemen. Diese können durch eine geschickte Kombination von geeigneten Kulturarten des Zwischen- und Zweitfruchtanbaus ergänzt werden bis hin zur Konzeptionierung eines neuen „everGreen“ Fruchtfolgesystems.

Zwischenfrüchte gezielt auswählen

Durch Zwischenfrüchte kann bei standort- und artgerechter Auswahl viel Biomasse in relativ kurzer Zeit gebildet werden. Eine möglichst lange Vegetationszeit ist Voraussetzung für ho-



(Foto: landpixel)

he Erträge. Die Aussaat muss unverzüglich nach der Druschernte erfolgen. Als Vorfrucht eignet sich am besten Wintergerste, aber auch früher Winterweizen, Triticale und Roggen sind möglich. Welche Pflanzenarten für die Erzeugung von Biomasse verwendet werden, entscheiden daher der mögliche Saattermin, die Erträge und Kosten. Vorteile bieten Stoppelsaaten durch ein geringeres Anbaurisiko und größere Wahlfreiheit der Arten und Sorten. Untersaaten beschränken sich im Wesentlichen auf leistungsstarke Gräser und Kleearten. Für die

Etablierung eines Untersaatbestandes ist auch ein größeres Maß an Kenntnissen zur Steuerung von Pflanzenbausystemen mit Deckfrüchten und Untersaaten notwendig. Dabei sollte die Konkurrenzkraft der eingesetzten Kulturen und Sorten berücksichtigt, der Saattermin auf die Notwendigkeit des Einsatzes von Herbiziden in der Deckfrucht abgestimmt und das Kultur- und Erntemanagement angepasst werden.

Lagergetreide aufgrund hoher Düngermengen und Verteilung der N-Gaben in Kombination mit der Witterung können zur Beschädigung

der Untersaat und zur Ernteerschwernis führen. Stabile nicht zu dichte Bestände sind anzustreben. Ein Ertragsrisiko durch Untersaaten ist nicht gegeben. Zwischenfruchtbestände in Form der Stoppelsaat aufzubauen ist einfacher, aber teurer. Die große Auswahl im Kulturartenspektrum erlaubt jedoch eine flexible Vorgehensweise.

Organische oder mineralische Düngung von 80 bis 120 kg/ha N ist Voraussetzung für eine Maximierung des Trockenmasseertrages. Dabei sollte die Höhe der Düngung nach dem zu erwartenden Trockenmasseertrag ausgerichtet werden, der zusätzlich vom Aussaatzeitpunkt und der Witterung bestimmt wird. Vernalisations- und photoperiodische Reaktionen der Arten und Sorten müssen in der Anbauplanung berücksichtigt werden. Für die Biogasferzeugung dürften allerdings andere Gesichtspunkte für die Kulturpflanzenauswahl von Bedeutung sein als für Grün- oder Futtermutzung. So kann eine höhere Blühneigung (Stängelbildung) den Trockensubstanzgehalt im Ernteprodukt erhöhen, damit die Transportwürdigkeit verbessern und das Auftreten von Sickersaft vermindern. Die etwas geringere Verdaulichkeit der Biomasse dürfte in Biogasanlagen von geringerer Bedeutung sein.

Ertragsleistung von Zwischenfrüchten

Die Ertragsleistung der Zwischenfrüchte ist abhängig vom Standort und der Witterung im Vegetationszeitraum. So werden auf eher trockenen Sandböden beim Welschen Weidelgras im Winterzwischenfruchtanbau geringere Erträge erzielt als im Vergleich zum Futter- oder Grünroggen. Auf besseren Standorten mit guter Wasserversorgung bietet das Welsche Weidelgras dagegen Ertragsvorteile.

In Untersuchungen zur Effizienz von Zwischenfrüchten als Energiepflanzen im Versuchsgut Merklingsen der Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft Soest, wurden in der Zeit von Anfang August bis Mitte Oktober 2008 noch 50 dt/ha Trockenmasse erreicht. Das Ziel, mit Zwischenfrüchten einen möglichst hohen Trockenmasseertrag mit akzeptablen Trockenmassegehalten zu erreichen, gelingt auf dem Soester Standort nur mit einem eingeschränkten Kulturartenspektrum. So kann der Aufwuchs von Senf, Sommerraps, Ölrettich, Sommergetreide, Welsches und Einjähriges Weidelgras noch gut für die Biogasanlage verwendet werden. Der Sor-



Gelbsenf kann in sehr kurzer Zeit hohe Trockenmasseerträge produzieren und erreicht innerhalb der Brassica-Arten einen überdurchschnittlichen Trockensubstanzgehalt

tenwahl kommt dabei eine entscheidende Bedeutung zu.

Die Senferträge sind für die kurze Anbauzeit von zehn Wochen mit 49 dt/ha Trockenmasse sehr hoch. Der Trockensubstanzgehalt ist mit 16 Prozent überdurchschnittlich im Zwischenfruchtsortiment. Übertroffen wird dies nur noch von der Stoppelrübe, die mit 77 dt/ha Trockenmasse (Rübe und Blatt) den höchsten Ertrag brachte, sich aber mangels schlagkräftiger Technik nur für Spezialisten im Anbau eignet. Sommerraps brachte mit 37,2 dt/ha in etwa so viel Trockenmasse wie Ölrettich mit 34 dt/ha. Allerdings sind die Trockensubstanzge-

halte mit 13 und 11 Prozent deutlich geringer als die von Senf. Auch Phacelia lieferte in dieser Anbauperiode mit 38 dt/ha Trockenmasse erstaunliche Erträge, aber mit einem Trockenmassegehalt von nur noch 9 Prozent. Sommergetreide wie Hafer und Roggen eignen sich ebenfalls sehr gut im Anbau und erzeugten 32 dt/ha Trockenmasse mit 16 Prozent Trockensubstanz. Hafer wurde sehr stark von Rost befallen und konnte daher sein Ertragspotenzial nicht ausspielen. Vorteilhafter vor allem im Bezug auf die Krankheitsanfälligkeit ist der Sommerroggen. Wichtig ist generell bei Sommergetreide, dass eine hohe Aussaatstärke gewählt

Stängelreiche Typen des Sommerrapses bringen hohe Erträge, haben aber im Vergleich zu anderen Kulturen sehr niedrige Trockensubstanzgehalte



Tab. 1: Fruchtfolgesysteme im Vergleich. Fruchtfolge 1 beinhaltet Marktfrüchte, die Fruchtfolgen 2 und 3 beinhalten Energiepflanzen und Marktfrüchte

Jahr	Fruchtfolge 1	Fruchtfolge 2	Fruchtfolge 3
Jahr 1	Winterraps (Korn)	Silomais	Winterraps (Korn) Welsches Weidelgras (Herbst und Frühjahrsnutzung)
Jahr 2	Winterweizen (Korn)	Silomais	Silomais
Jahr 3	Wintergerste (Korn)	Winterweizen (Korn)	Winterweizen (Korn)
Jahr 4		Wintergerste (Korn)	Ackerbohnen + Futtererbsen (Zwischenfrucht mit GPS Nutzung)
Jahr 5			Silomais
Jahr 6			Ackerbohnen (Korn)
Jahr 7			Triticale (GPS)
Jahr 8			Welsches Weidelgras (Herbst und Frühjahrsnutzung)
Jahr 7			Silomais
Jahr 8			Wintergerste (Korn)
System	Dreifeldrige Fruchtfolge	Vierfeldrige Fruchtfolge	Achtfeldrige Fruchtfolge

wird, da sich die Pflanzen kaum bestocken und sehr schnell Halme bilden. Sommerroggen scheint vor allem bei langer Vegetationszeit die Vorteile besser nutzen zu können. Welsches Weidelgras brachte im Zwischenfruchtversuch 30 dt/ha Trockenmasse mit 16 Prozent Trockensubstanz. Ertraglich nicht überzeugend bietet aber genau diese Kultur durch die Überwinterungsfähigkeit die Möglichkeit, einen Folgeschnitt im Frühjahr sehr kostengünstig zu produzieren und danach Mais als Zweitfrucht folgen zu lassen.

Fruchtfolgesysteme mit Haupt und Zwischenfrüchten

Aus den Anbauversuchen wurden die mittleren Ertragsdaten aus 2007/2008 sowie die spezifischen Gasausbeuten zu einem Vergleich von Fruchtfolgesystemen zusammen geführt, um die Vorzüglichkeit von Fruchtfolgen mit Marktfrüchten und kombinierten Marktfrucht-Biogasfruchtfolgen zu prüfen.

Die Fruchtfolgen (Tab. 1) unterscheiden sich grundsätzlich durch „mit und ohne Biogasnut-

zung“. So ist die Fruchtfolge 1 eine reine Marktfruchtfolge bestehend aus Raps, Weizen und Gerste. Die Fruchtfolge 2 bildet dagegen die typische Fruchtfolge eines Betriebes mit Biogasproduktion ab. Sie besteht aus 50 Prozent Mais für die Bioenergieproduktion und 50 Prozent Getreide (Weizen und Gerste), das als Marktfrucht oder als Futtermittel dient. Im Gegensatz dazu wird in der Fruchtfolge 3 ein weites Spektrum an Kulturpflanzen angebaut, bestehend aus Haupt-, Zweit- und Zwischenfrüchten sowohl für die Biogasproduktion als auch für den Marktfruchtbau. Dadurch wird die insgesamt zur Verfügung stehende Vegetationszeit sehr gut ausgenutzt. Durch den Leguminosenanbau als Koferment wird Stickstoff biologisch gebunden und in den Kreislauf der Biogasanlage eingebracht.

Kalkuliert wurden die Fruchtfolgen auf der Basis eines 150 ha großen Betriebes mit einer durchschnittlichen Schlaggröße von 3 ha. Für die Fruchtfolgen mit integrierter Biogasproduktion wurde eine Anlage von 150 kWh_{el} in die Kostenstruktur aufgenommen. Aufwändige Arbeiten wie die Ernte der Kulturen und die Gülleausbringung werden von einem Lohnunternehmer durchgeführt. Alle Kosten und Preise für die Arbeitserledigung und Lohnarbeit, für landwirtschaftliche Güter und Produktionsmittel wurden nach KTBL Betriebsdaten 2008 berechnet. Die Marktfruchterträge beruhen auf dem 15jährigen Durchschnitt im Versuchsgut Merklingsen. Die Flächenkosten wurden mit 500 Euro/ha angesetzt. Einheitlich wurden Ernte- und Konservierungsverluste von 10 Prozent für alle Kulturen zur Biomasseproduktion abgezogen.

Die Düngung erfolgt organisch über das Gärsubstrat und über den Anfall von Gülle durch die Schweinemast mit 1000 Mast-schweineplätzen. Die Ausbringungskosten sind kalkuliert für die jeweilig gedüngte Kultur. Die in der Düngebilanz fehlenden Nährstoffe Stickstoff, Kali und Phosphor werden über die mineralische Ergänzung bei der Mais-Unterfußdüngung und als Qualitätsdüngung im Getreide eingesetzt. In der Kalkulation wird der Gewinnbeitrag je ha Produktionsfläche bewertet, um die Vorzüglichkeit der verschiedenen Fruchtfolgen zu ermitteln (Tab. 2).

Biogasproduktion ist rentabel

Im Ergebnis haben die Fruchtfolgen 2 und 3 mit Biogasproduktion nur geringfügig höhere Produktionskosten verursacht als die Markt-

Tabelle 2: Kosten- und Leistungsvergleich der Fruchtfolgen

Fruchtfolgesystemvergleich	Fruchtfolge 1 .../ha	Fruchtfolge 2 .../ha	Fruchtfolge 3 .../ha
Variable Kosten der Arbeitserledigung			
Variable Maschinenkosten (€)	124,14	123,72	97,26
Maschinenmiete, Lohnarbeit (€)	127,26	308,57	434,60
Summe Var. Kosten der Arbeitserledigung	251,40	432,30	531,87
Direktkosten (€)	414,80	320,25	257,88
Summe variable Kosten	666,20	752,55	789,75
Fixe Kosten			
Arbeit (€)	75,88	75,74	58,10
Fläche (€)	500,00	500,00	500,00
Technische Einrichtungen, Maschinen (€)	86,19	100,19	71,60
Summe fixe Kosten	662,07	675,93	629,70
Produktionskosten (variable + fixe Kosten)	1328,27	1428,48	1419,45
Arbeitszeitbedarf			
Ständige AK insgesamt (h)	5,06	5,05	3,87
Leistungen/Kosten/Erfolgsgrößen			
Leistungen (kWh _{el})		15134,64	15625,21
Variable Kosten Biogas (€)		643,22	664,07
Festkosten Biogas (€)		1059,42	1093,76
Vermarktung			
Marktleistung Kornverkauf (€)	1402,87	743,63	654,33
Marktleistung Biogas (€)		2915,69	3010,20
Marktleistung Gesamt (€)	1402,87	3659,31	3664,52
Deckungsbeitrag (€)	736,67	2263,54	2210,70
Lohnansatz (€)	75,88	75,74	58,10
Gewinnbeitrag (€)	-1,28	452,45	429,14



Sommerroggen (vorne links) war deutlich gesünder und in der Entwicklung weiter als der Hafer (rechts) (Fotos: Hötte)

fruchtfolge. Diese sind begründet durch die höheren Kosten für die Maschinenmiete sowie Lohnarbeit, aber auch durch die Einsparung von Produktionsmitteln, da Nährstoffe im Kreislauf der Biogaszeugung wieder eingesetzt werden können. Die Direktkosten sind im Fruchtfolgesystem 3 am geringsten, da Leguminosen keinen mineralischen Stickstoff benötigen, sondern zusätzlich fixieren und in den Kreislauf durch die GPS-Ernte einbringen. Allerdings sind die Arbeitserledigungskosten höher, da mehr Erntearbeiten anfallen und die Zwischenfruchtaufwüchse für die Biogasnutzung relativ hohe Kosten verursachen.

Bei der Produktion von Biogas fallen zusätzliche Festkosten durch die Biogasanlage an. Bei Anlagenkosten von 3.300 Euro/kWh installierter Leistung werden die Festkosten anhand der erzeugten elektrischen Energie je Hektar kalkuliert. Ebenso werden die variablen Kosten für die Biogaszeugung mit 0,017 Euro/kWh (inkl. Zündöl) bewertet. Somit sind die gesamten Kosten der Biogasanlage durch die produzierte elektrische Energie auf die Fläche umgelegt (Abb. 1).

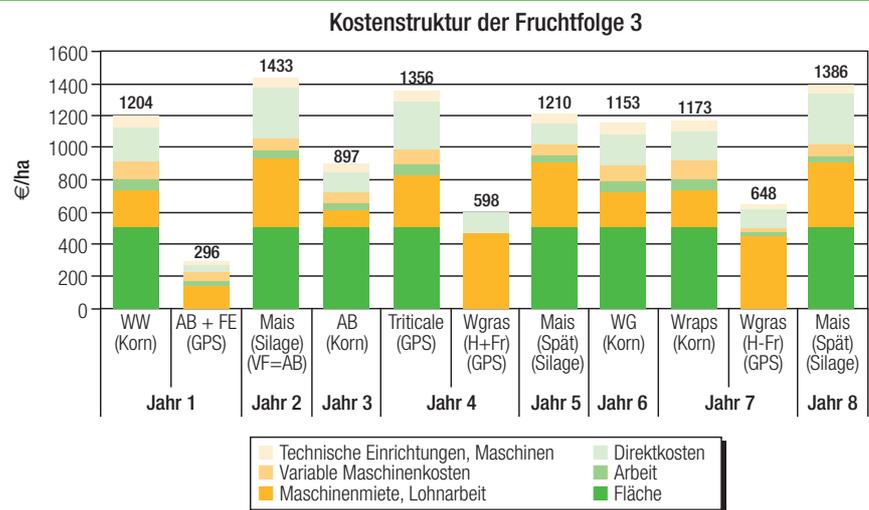
Die Marktleistung der Fruchtfolgen setzt sich zusammen aus dem Verkauf der Marktfrüchte sowie aus den Erlösen der Strom- und Wärmeverkäufe (30 Prozent Wärmenutzung) und dem daraus resultierenden KWK-Bonus, der als Zusatzvergütung dem Strompreis zugeschlagen wird. Die Marktleistung der Fruchtfolgen mit Biogasproduktion ist insgesamt höher als bei einer reinen Marktfruchtfolge. Die

Fazit

Sommer- und Winterzwischenfrüchte bieten Potenziale für die Erzeugung von Biomasse. Durch die Erweiterung der Energieproduktion auf Teilbrachezeiten innerhalb von Fruchtfolgen wird die Flächenleistung insgesamt erhöht. Die Hauptfruchtfläche für die Bioenergieerzeugung kann damit eingeschränkt und weiterhin für die Lebensmittelproduktion verwendet werden.

Allerdings ist der hohe Wasseranteil im Erntegut von Zwischenfrüchten kritisch, da Transportkosten erhöht werden und der Sickersaftanfall technisch gelöst werden muss. Auch der

Kostenstruktur der Fruchtfolge 3 (achtfeldriges System)



Marktleistung der maisbetonten vierfeldrigen Fruchtfolge 2 ist im Vergleich mit der achtfeldrigen Fruchtfolge annähernd gleich.

Der Gewinnbeitrag je Hektar Produktionsfläche ist bei Biogasnutzung höher als im Marktfruchtanbau. Die Marktleistung ist bedingt durch die Erlöse in 2008 hoch, aber auch die Kosten für Produktionsmittel sind erheblich gestiegen. Somit haben Nährstoffkreisläufe finanzielle Vorteile durch die Einsparung an Mineraldünger. Auch ist bei Berücksichtigung des neuen EEG 2009 die Biogasproduktion trotz gestiegener Produktionskosten wirtschaftlich. Bei der Unterscheidung sowohl im Deckungsbeitrag als auch im Gewinnbeitrag schneidet die Fruchtfolge 2 (50 Prozent Maisanbau) besser ab als die Fruchtfolge 3 (37 Prozent Maisanbau). Begründet ist dies durch die hohen Erntekosten der Zwischen- und Zweitfrüchte und geringeren Markterlöse für Ackerbohnen sowie hohe Kosten beim Rapsanbau.

Güllebonus wird durch die Gülle-Mindestmenge von „30 Masseprozent“ tangiert, da der hohe Wasseranteil durch entsprechend mehr Gülleeinsatz ausgeglichen werden muss. Das Anwelken von Zwischenfrüchten im Herbst ist bei vielen Arten problematisch und nicht bei allen Kulturen mit Hinblick auf Verschmutzung und Verluste geeignet. Daher muss eine sachgerechte Sorten- und Kulturauswahl mit der Anpassung an den Saat- und Erntetermin erfolgen, um möglichst hohe Trockenmassegehalte zu erzeugen.

Insgesamt lässt sich Biomasse aus Zwischenfrüchten günstig produzieren, da die Flächenkosten nur den Hauptfrüchten zugeordnet werden.

Sebastian Hötte, Günter Stemann und Prof. Dr. Norbert Lütke Entrup, Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft Soest, 59494 Soest, Tel.: 02921-378-212, Fax: 02921-378-200, E-Mail: hoette@fh-swf.de