

Bewertung von Fruchtfolgen für die Biogaserzeugung in Bayern



Nr. I – 20/2013

Zusammengestellt von der Arbeitsgruppe I (Substratproduktion) im „Biogas Forum Bayern“ von:



Dorothea Hofmann, Dr. Ewald Stickel

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung



Fabian Lichti

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz



Dr. Kathrin Deiglmayr

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf



Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe

Dr. Maendy Fritz

Technologie- und Förderzentrum

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Methodische Vorgehensweise	2
3	Fruchtfolgen für die Substratproduktion	3
3.1	Silomaisbetonte Fruchtfolgen	3
3.2	Zweitfruchtbetonte Fruchtfolgen	5
3.3	Marktf Fruchtbetonte Fruchtfolgen	8
3.4	Feldfutterbetonte Fruchtfolgen und Grünland	10
4	Fazit	12

1 Einleitung

Jahr für Jahr steht der Landwirt vor der Entscheidung, welche Kulturen auf einem Schlag angebaut werden. Zu berücksichtigen sind Verwertungsmöglichkeiten, Vorfruchteffekte und Nachbaumöglichkeiten. Die Versuchung ist groß, sich auf die gewinnbringendsten Arten zu beschränken und das Fundament einer nachhaltigen Landwirtschaft, ausgewogene Fruchtfolgen, zu vernachlässigen. Das gilt besonders bei der Substratproduktion für Biogasanlagen, da wirtschaftliche Methanerträge und Silierbarkeit die Auswahl stark einschränken. Es gibt jedoch auch Fruchtfolgen für die Energiepflanzenerzeugung, die sowohl den ökonomischen als auch den ökologischen Ansprüchen eines Standortes gerecht werden können. In Bayern derzeit relevante Varianten werden im Folgenden beschrieben und anhand ausgewählter Kriterien bewertet.

2 Methodische Vorgehensweise

Erträge

Für die ausgewählten Fruchtarten, die als Biogassubstrate eingesetzt werden, wurden Erträge aus Versuchen, der amtlichen Statistik oder aus Expertenbefragungen zusammengestellt (Tabelle 5). Bei Erträgen aus Parzellenversuchen wurde ein Abschlag von 20 % vorgenommen, um einen realistischen Wert für in der Praxis erzielbare Erträge zu erhalten. Der Methanertrag je Hektar wurde aus der Multiplikation von Ertrag und Methanausbeute unter Berücksichtigung von Silageverlust und Aschegehalt errechnet. Dabei wurden die Methanausbeuten sowie die Rohaschegehalte nach KTBL-Richtwerten (KTBL, 2010) und ein einheitlicher Silageverlust von 15 % angesetzt.

Gärrestanfall

Die Berechnung des Gärrestanfalles in m³/ha erfolgte durch das Berechnungsschema nach Keymer (<http://www.lfl.bayern.de/ilb/technik/03029/>; Stand März 2013). Dabei werden die Verdaulichkeiten von Futtermitteln zugrunde gelegt und über die Gasausbeuten nach Baserga (1998) der verbleibende Gärrestanteil berechnet. Der Gärrestrechner kann auf der Homepage der LfL Bayern unter Institut für Ökologischen Landbau > Düngung > Biogasgärreste (<http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/032688/index.php>) gefunden werden. Bei der Angabe der nach Vergärung anfallenden Gärreste handelt es sich lediglich um den Beitrag der jeweiligen Fruchtart. Folglich würden die fermentierten Rückstände relativ hohe Trockensubstanzgehalte aufweisen. Verdünnung über bspw. Cosubstrate, Wirtschaftsdünger oder Rezirkulat zur Einstellung der Pumpfähigkeit des Substrates, müssen bei einer gesamtheitlichen Betrachtung des Mengenanfalles an Gärresten zusätzlich mit einbezogen werden. In der hier vorliegenden Berechnung wurde der Gärrestanfall mit einem standardisierten TS-Gehalt von 7 % berechnet. Verbindliche Angaben zur notwendigen Lagerkapazität können hieraus nicht abgeleitet werden.

Humusbilanz

Die Humusbilanz wurde nach der Humusbilanz-Methode für Berater der LfL (<http://www.lfl.bayern.de/iab/boden/45108/>; Stand März 2013) berechnet. Die Humusbilanz ist ein Instrument zur Bewertung der Humusversorgung und damit zur Ermittlung der notwendigen Zufuhr an humusreproduzierender organischer Substanz. Es erlaubt nicht, Humusgehalte von Böden oder deren Veränderung abzuschätzen.

Um dies zu verdeutlichen und eine Umrechnung in Gehalts- oder Mengenveränderungen im Boden zu vermeiden, wird keine Einheit (kg C/ha oder anderes) mehr angegeben, sondern die abstrakte Größe "Humusäquivalent" (HÄ). Bei langfristig ausgeglichener Humusbilanz im Bereich von -75 bis 100 HÄ wird sich ein standort- und bewirtschaftungsoptimaler Humusgehalt einstellen. Negativ Bilanzen <-200 HÄ können die Bodenfunktion und die Ertragsleistung ungünstig beeinflussen. Zu hohe Bilanzen > 300 HÄ können ein erhöhtes Risiko für Stickstoff-Verluste und verminderte Düngeneffizienz mit sich bringen.

Die Zwischenfrüchte wurden in den Fruchtfolgebeispielen zur Gründüngung angebaut, der Ertrag wurde mit 300 dt FM/ha bei 10 % TS angesetzt. Dadurch ergab sich eine Humusproduktionsleistung von insgesamt 340 HÄ.

Beim Anfall von Stroh oder Zuckerrübenblatt wurden diese als Zufuhr an humusreproduzierender organischer Substanz angerechnet. Findet eine Strohabfuhr statt, geht die Humusbilanz oft in den negativen Bereich. Des Weiteren wurde in den Berechnungen unterstellt, dass die über die Fruchtfolge anfallenden Gärrestmengen vollständig zurückgeführt werden. Werden die Gärreste nicht oder nur teilweise auf den Flächen ausgebracht, auf denen die Fruchtarten zur Substratproduktion angebaut wurden, fallen die Humussalden entsprechend niedriger aus.

Ein Überblick über Ertragsleistung, Methanertrag, Gärrestanfall und Humusbilanz der einzelnen Fruchtarten findet sich in Tabelle 5 am Ende der Publikation.

3 Fruchtfolgen für die Substratproduktion

3.1 Silomaisbetonte Fruchtfolgen

Silomais stellt aufgrund seiner hohen Trockenmasseerträge und Methanausbeuten für Biogasbetriebe die attraktivste Frucht dar. Er nimmt daher in vielen Fruchtfolgen von Biogasbetrieben einen hohen Anteil ein, der bis zu 100 % reichen kann.

Die Selbstfolge mit 100 % Mais, wie in **Fruchtfolge 1** dargestellt, kann trotz der hohen Trockenmasse- und Methan-Erträge nicht empfohlen werden. Aufgrund des hohen Humusbedarfs des Maises ist auch bei vollständiger Gärrestrückführung die Humusbilanz weit im negativen Bereich. Ein langfristig überhöhter Maisanteil in der Fruchtfolge kann somit zum Rückgang der Bodenfruchtbarkeit und damit zu geringerer Ertragsleistung führen. Insbesondere auf erosionsgefährdeten Standorten (siehe Erosionskataster) wird nachdrücklich von einem Maisanbau in Selbstfolge ohne Zwischenfrucht und Mulch- bzw. Direktsaatmöglichkeit abgeraten. Zu beachten ist auch, dass der Fruchtfolgeanteil von Mais in Befalls- bzw. Eingrenzungsgebieten des Westlichen Maiswurzelbohrers entsprechenden Einschränkungen unterliegt.

Tabelle 1: Überblick über TM-Ertrag, Methanertrag, Gärrestanfall und Humusbilanz von silomaisbetonten Fruchtfolgen

Fruchtfolge	TM-Ertrag dt/ha	Methan- ertrag Nm ³ /ha	Gärrest- anfall (7% TS) m ³ /ha	Humus- bilanz Humusäqui- valent (HÄ)
1* 1. Jahr: Mais	180	4940	55	
pro Jahr im Mittel der FF	180	4940	55	-310
2* 1. Jahr: Grünroggen	55	1350	20	
Mais	160	4390	49	
pro Jahr im Mittel der FF	215	5740	69	-300
3 1. Jahr: Silomais	180	4940	55	
2. Jahr: Getreide-GPS Zwischenfrucht	110	2930	48	
pro Jahr im Mittel der FF	145	3935	52	30
4 1. Jahr: Silomais	180	4940	55	
2. Jahr: Wintergetreide, Korn _{Verkauf} Zwischenfrucht				
pro Jahr im Mittel der FF	90	2470	28	10 (-180 ohne Stroh)
5 1. Jahr: Silomais	180	4940	55	
2. Jahr: Wintergetreide, Korn _{Biogas} Zwischenfrucht	60	1880	9	
pro Jahr im Mittel der FF	120	3410	32	30 (-140 ohne Stroh)

Mit * gekennzeichnete Fruchtfolgen dürfen in Befalls- und Eingrenzungsgebieten des Westlichen Maiswurzelbohrers nicht angebaut werden.

Durch den Anbau der Winterzwischenfrucht Grünroggen in **Fruchtfolge 2** kann diese Problematik nicht entschärft werden. Der Fruchtfolgeanteil von Mais beträgt auch hier 100 % und die Humusbilanz bleibt im negativen Bereich.

Zu beachten ist bei der Kombination Grünroggen mit Mais zudem das relativ hohe Ertragsrisiko. Die in Tabelle 1 aufgeführten Erträge von Grünroggen und Mais lassen sich nur auf Standorten mit ausreichender Wasserversorgung erzielen. Da Grünroggen stark an den Wasservorräten aus den Winterniederschlägen zehrt, kann sich eine Sommertrockenheit sehr ertragsmindernd auf den nachfolgenden Silomais auswirken. Zur Schonung der Wasservorräte und Reduzierung der Erosionsgefahr besteht die Möglichkeit, den Mais direkt in die unbearbeitete Grünroggenstoppel zu säen. Dieses Verfahren hat sich sowohl in Parzellenversuchen wie auch in der Praxis bewährt. Vorteilhaft zeigt sich das Verfahren durch eine ertragsbildende Bodenbedeckung über den Winter. Nachteil von Grünroggen ist die Gefährdung der Brut und Jungtieraufzucht von Wildtieren bei der Ernte Anfang Mai.

In der zweijährigen **Fruchtfolge 3** wird GPS-Getreide nach Silomais angebaut. Das hat zur Folge, dass der durchschnittliche Trockenmasse- und Methanhektarertrag sinkt. Soll das Ertragspotenzial des Getreides ausgenutzt werden, ist Triticale zu wählen. Auf trockenen Standorten ist Roggen der Vorzug zu geben. Durch die späte Ernte Ende Juni lohnt ein weiterer Substratanbau kaum, da die folgenden Kulturen keinen silierfähigen Trockensubstanzgehalt mehr erreichen würden. Vielmehr sollte ein Zwischenfruchtanbau im Hinblick auf positive Effekte (Humusmehrung, Erosionsschutz etc.) für die Fruchtfolge in Betracht gezogen werden. Insbesondere die stark positive Humuswirkung der Zwischenfrucht führt zusammen mit der Rückführung des Gärrestes zu einer ausgeglichenen Humusbilanz.

Wird das Getreide als Korn wie in **Fruchtfolge 4** geerntet, ist die Humusbilanz nur bei einem Verbleib des Stroh auf dem Feld positiv. Bei Strohabfuhr werden die Bilanzen negativ.

Die Nutzung des Korn als Biogassubstrat in **Fruchtfolge 5** erhöht den Gärrestanfall und damit die Humusbilanz nur geringfügig. Im Vergleich zu einer GPS-Nutzung fällt der Methanhektarertrag mit gut 3400 m³/ha um 500 m³/ha niedriger aus.

3.2 Zweitfruchtbetonte Fruchtfolgen

Zweitfrüchte können Anbaulücken nach frühräumenden Feldfrüchten wie beispielsweise Wintergerste in einem Marktfruchtssystem oder nach Nutzung von Getreidebeständen als Ganzpflanzensilage schließen. Dadurch können bei erfolgreichem Anbau der Zweitfrüchte die Methanhektarerträge gesteigert werden.

Der Zweitfruchtanbau setzt aber auch eine hohe Standortgüte voraus. Ausreichende Niederschläge von 800 mm Jahresniederschlagsmenge bzw. 500 mm in der Hauptvegetationszeit (April bis September) sowie ein gutes Wasserspeichervermögen des Bodens sollten gegeben sein.

Da die Ernte der Erstfrucht und die Saat der Zweitfrucht möglichst rasch aufeinander folgen müssen, stellt dies hohe Anforderungen an die Befahrbarkeit der Schläge, die Schlagkraft, die Technisierung sowie an die Organisation der Arbeitsabläufe.

Tabelle 2: Überblick über TM-Ertrag, Methanertrag, Gärrestanfall und Humusbilanz von zweitfruchtbetonten Fruchtfolgen

Fruchtfolge			TM-Ertrag	Methan- ertrag	Gärrest- anfall (7% TS)	Humus- bilanz
			dt/ha	Nm ³ /ha	m ³ /ha	Humusäqui- valent (HÄ)
6	1. Jahr	Silomais	180	4940	55	
	2. Jahr	Getreide-GPS	90	2400	42	
		Zweitfrucht ¹	105	2735	39	
	pro Jahr im Mittel der FF			188	5038	68
7	1. Jahr	Silomais nach Weidelgras	160	4390	49	
	2. Jahr	Getreide GPS	110	2930	48	
		Wel. Weidelgras	70	1710	29	
	pro Jahr im Mittel der FF			170	4515	63
8	1. Jahr	Getreide GPS	110	2930	48	
		Wel. Weidelgras	30	730	12	
	2. Jahr	Feldfutterbau	130	3180	52	
	pro Jahr im Mittel der FF			135	3420	56
9	1. Jahr	Silomais	180	4940	55	
	2. Jahr	Grünroggen	55	1350	20	
		Silomais	160	4390	49	
	3. Jahr	Getreide-GPS	90	2400	42	
		Zweitfrucht ¹	105	2735	39	
pro Jahr im Mittel der FF			197	5272	68	-360
10	1. Jahr	Silomais	160	4390	49	
	2. Jahr	Roggen-GPS	90	2400	42	
		Sorghum	100	2450	45	
	3. Jahr	Triticale-GPS	110	2930	48	
		Wel. Weidelgras	70	1710	29	
pro Jahr im Mittel der FF			177	4627	71	-70

¹Mittel aus Mais und Sorghum

In **Fruchtfolge 6** ist eine ertragsstarke Fruchtfolge mit Silomais im ersten Jahr gefolgt von einem GPS-Getreide als Erstfrucht und Silomais bzw. Sorghum als Zweitfrucht im zweiten Jahr dargestellt. Voraussetzung für den Zweitfruchtanbau ist eine frühe GPS-Ernte Anfang Juni, da die Zweitfrüchte Mais und Sorghum spätestens bis zum 10. Juni bestellt sein müssen. Der Anbau von Winterroggen eignet sich daher am besten. Da dieser Ende September gesät werden sollte, darf im ersten Jahr keine zu späte Silomaissorte gewählt werden. Bei der Sortenwahl der Zweitfrüchte kommen aufgrund der relativ kurzen Vegetationszeit nur frühe Sorten in Frage.

Die Kulturen weisen eine stark negative Humuswirkung auf. Trotz des hohen Gärrestanfalls von 68 m³ pro Jahr bleibt die Humusbilanz mit -390 HÄ negativ. Langfristig kann mit dieser intensiven Fruchtfolge die Bodenfruchtbarkeit beeinträchtigt werden. Es darf auch nicht übersehen werden, dass bei einem Anbau von Silomais als Zweitfrucht der Fruchtfolgeanteil

von Mais 100 % beträgt und diese Fruchtfolge damit in Eingrenzungsgebieten des Westlichen Maiswurzelbohrers nicht in Frage kommt.

Die Aufnahme von Welschem Weidelgras als Zweitfrucht in der **Fruchtfolge 7** reduziert den Methanhektarertrag auf gute 4.500 m³/ha. Die Ernte des Getreides kann später als in **Fruchtfolge 6** stattfinden, so dass hier Triticale als GPS-Getreide mit einem höheren Ertragspotenzial empfohlen wird. Die Nutzung des Weidelgrases im Herbst und Frühjahr liefert 70 dt/ha Trockenmasse. Der Mais wird demnach erst Ende Mai gesät. Die Reifezahl muss angepasst werden. 160 dt/ha Trockenmasse sind zu diesem späten Zeitpunkt noch möglich. Die positive Humuswirkung des Weidelgrases sowie der hohe Gärrestanfall gleichen die Humusbilanz der Fruchtfolge aus.

Ein Verzicht auf Silomais in der Fruchtfolge sowie stattdessen die Aufnahme von Feldfutter in **Fruchtfolge 8** ermöglichen noch 3.420 m³ Methan/ha und Jahr. Das Welsche Weidelgras wird dabei als Sommerblanksaat nach der GPS-Ernte angebaut und im Herbst sowie im darauffolgenden Jahr mit drei bis vier Schnitten genutzt. Auch eine Untersaat des Weidelgrases im Herbst wäre möglich. Gegenüber der Blanksaat nach der GPS-Ernte bietet die Untersaat den Vorteil einer besseren und früheren Etablierung des Weidelgrases. Damit kann ein Entwicklungsvorsprung des Weidelgrasbestandes realisiert werden. Die stark positive Humuswirkung von überjährigem Weidelgras bewirkt eine hohe positive Humusbilanz, die aber auch ein erhöhtes Risiko von N-Verlusten birgt.

Eine intensive 3-jährige Fruchtfolge mit Grünroggen im Zwischenfruchtanbau zwischen dem Silomais sowie anschließend einem Zweitfruchtanbau mit Getreide-GPS und Mais oder Sorghum (**Fruchtfolge 9**) erwirtschaftet im Mittel über die Jahre hohe Methanerträge von nahezu 5.300 m³/ha. Bei der Sortenwahl des Silomaises nach Grünroggen ist auf die Reifezahl zu achten.

Diese silomaisbetonte Fruchtfolge stellt aber nicht nur hohe Ansprüche an den Wasserhaushalt, auch die Humusbilanz ist mit über -360 HÄ negativ und kann damit langfristig die Bodenfruchtbarkeit beeinträchtigen.

Wird in dieser intensiven 3-jährigen Fruchtfolge der Maisanbau reduziert und der Getreideanbau mit GPS Nutzung erhöht sowie Sorghum und Weidelgras als Zweitfrucht (**Fruchtfolge 10**) angebaut, kann im Mittel über 3 Jahre ein Methanertrag von gut 4.600 m³/ha erzielt werden. Die Humusbilanz ist – trotz negativer Humuswirkung von Mais, Getreide-GPS und Sorghum – aufgrund der Gärrest-Rückführung und der positiven Humuswirkung des Weidelgrases ausgeglichen.

Bei der Sortenwahl des Silomaises ist auf eine mittelfrühe Sorte (max. S250) zurückzugreifen, da der Mais frühzeitig das Feld räumen muss, um den Roggen fristgerecht säen zu können. Der Roggen sollte spätestens in der ersten Junidekade geerntet werden, da die Zweitfrucht Sorghum bis zum 10. Juni gesät werden muss. Auf frühreife und standfeste Sorten ist zu achten. Bei der Wahl der Triticale-Sorte ist auf ertragreiche und standfeste Sorten zu achten. Die Ernte sollte nicht zu spät erfolgen (Ernte Milchreife), da die TS-Gehalte in der Abreife, bedingt durch Sommertrockenheit, sehr schnell steigen können. Eine ordnungsgemäße Silierung ist bei einem TS-Gehalt über 40 % nicht mehr möglich.

Als Sommerzwischenfrucht ist Welsches Weidelgras, eventuell in der Mischung mit einjährigem Weidelgras, zu wählen. Für eine gute Etablierung des Weidelgrasbestandes sind ausreichende Niederschläge nach der Saat Voraussetzung. Zu beachten ist der hohe Stickstoffbedarf der Weidelgräser.

3.3 Marktfruchtbetonte Fruchtfolgen

Fruchtfolgen mit einem hohen Anteil von Marktfrüchten kommen vor allem für Betriebe in Frage, die keine eigene Biogasanlage haben und die Energiepflanzen für nahe gelegene Biogasanlagen als Verkaufsfrucht erzeugen. Der anfallende Biogasgärrest wird in diesen Berechnungen anteilig wieder auf die Flächen der Substraterzeugung ausgebracht.

Tabelle 3: Überblick über TM-Ertrag, Methanertrag, Gärrestanfall und Humusbilanz von marktfruchtbetonten Fruchtfolgen

Fruchtfolge			TM-Ertrag	Methan- ertrag	Gärrest- anfall (7% TS)	Humus- bilanz Humusäqui- valent (HÄ)
			dt/ha	Nm ³ /ha	m ³ /ha	
11	1. Jahr	Silomais	180	4940	55	
	2. Jahr	Winterweizen (Korn)				
	3. Jahr:	Winterraps (Korn)				
	pro Jahr im Mittel der FF		60	1647	18	-100 (-230 ohne Weizenstroh)
12	1. Jahr	Zuckerrübe				
	2. Jahr	Silomais	180	4940	55	
	3. Jahr:	Kartoffeln				
	4. Jahr:	Winterweizen (Korn)				
pro Jahr im Mittel der FF		45	1235	14	-510 (-600 ohne Weizenstroh)	
12b	1. Jahr	Zuckerrübe (Biogas)	150	3790	51	
	2. Jahr	Silomais	180	4940	55	
	3. Jahr:	Kartoffeln				
	4. Jahr:	Winterweizen (Korn)				
pro Jahr im Mittel der FF		83	2183	27	-390 (-490 ohne Weizenstroh)	

In **Fruchtfolge 11** wird auf einem Drittel der Fläche Biogassubstrat durch Silomais erzeugt, die restliche Fläche dient der Weizen- bzw. Rapsproduktion. Die Wahl der Silomaissorte kann zur Nutzung des größtmöglichen Ertragspotenzials aus dem standortangepasst späteren Reifesortiment erfolgen, da danach der spätsaatverträgliche Weizen folgt.

Die Humusbilanz der Fruchtfolge ist auch bei Verbleib des Strohs auf dem Feld leicht negativ und verschlechtert sich bei Strohabfuhr noch deutlich. Zur Verbesserung der Humusbilanz und gleichzeitig des Erosionsschutzes sollte deswegen während des langen ungenutzten Zeitfensters zwischen Rapsdrusch und Silomaissaat eine Zwischenfrucht angebaut werden. Von einer Begrünung durch Ausfallraps wird abgeraten, da sich dadurch Kohlhernie und Nematoden vermehren und sich bei hohem Fruchtfolgeanteil von Raps zu einem Problem entwickeln können.

Der Anbau der **Fruchtfolge 12** setzt eine sehr hohe Standortgüte mit rübenfähigen Böden voraus. Als Biogassubstrat wird nur Silomais in einem von 4 Fruchtfolgejahren angebaut. Wegen dem hohen Fruchtfolgeanteil von stark humuszehrenden Kulturen weist diese Fruchtfolge – trotz Gärrestrückführung und Strohverbleib auf dem Feld – einen sehr negativen Humussaldo auf. Zum Ausgleich der Humusbilanz können organische Dünger, vorzugsweise solche mit hoher Humus-Reproduktionsleistung wie beispielsweise Kompost, ausgebracht werden. Außerdem bietet sich zwischen Winterweizen und Silomais der Anbau einer Zwischenfrucht an.

Besonderes Augenmerk muss bei dieser Fruchtfolge auf eine schlagkräftige Technisierung mit Fokus auf Bodenschonung gelegt werden, da sonst leicht Bodenschadverdichtungen entstehen könnten. Wegen der hohen Erosionsanfälligkeit von Silomais und Zuckerrüben sollte auf hängigen Flächen von einem Anbau dieser Fruchtfolge abgesehen werden.

In **Fruchtfolge 12b** ist dargestellt, welche Veränderungen sich bei einer Nutzung der Zuckerrüben als Biogassubstrat ergeben. Die durchschnittlichen jährlichen Methanhektarerträge und der Gärrestanfall erhöhen sich damit deutlich, während die Humusbilanz sich nur geringfügig verbessert und immer noch weit von einer ausgeglichenen Humusbilanz entfernt ist.

3.4. Feldfutterbetonte Fruchtfolgen und Grünland

Feldfutterbetonte Fruchtfolgen finden sich verstärkt in Regionen mit ausgeprägter Rinderhaltung sowie bei ökologisch wirtschaftenden Betrieben. Die Nutzung von überjährigem Feldfutter als Biogassubstrat ist schon etabliert. Vor allem im ökologischen Anbau ist die Fixierung von Luftstickstoff durch leguminosenhaltige Mischungen (mit Klee oder Luzerne) gewünscht. Der Stickstoff steht bei einer Nutzung des Aufwuchses als Biogassubstrat nach der Vergärung als gezielt einsetzbarer Dünger im Gärrest zur Verfügung.

Der Feldfutterbau liefert vor allem in niederschlagsreichen Regionen hohe Trockenmasseerträge. Im Übrigen ist er für jede Standortgüte geeignet, wenn die Zusammensetzung der Artenmischung entsprechend gewählt wird. Vorteilhaft ist außerdem die sehr positive Humuswirkung, die ggf. auch als Spring-Fruchtfolgeglied genutzt werden kann. Erwähnt werden soll weiterhin der Beitrag von mehrjährigem Feldfutterbau zur Bekämpfung von Unkräutern und Ungräsern, der in ökologisch wirtschaftenden Betrieben sehr wichtig ist und durch die zunehmenden Herbizidresistenzen auch für konventionelle Betriebe ein interessanter Zusatznutzen sein kann.

Für die **Fruchtfolgen 13 bis 15** gilt, dass je nach Wahl der Getreideart (vorzugsweise Triticale oder Roggen auf trockeneren Standorten) die Sortenwahl bei Silomais (max. S250) angepasst werden muss, damit nach der Maisernte noch ausreichend Zeit für die termingerechte Ansaat der Winterung bleibt. Das Feldfutter (Alternativ: Klee gras oder Acker gras) wird, um N-Verluste über Winter zu vermeiden, erst vor der Silomaissaat umgebrochen (ggf. mit vorheriger Abspritzung). Dabei steht die optimale Etablierung des Mais im Vordergrund, dessen Vegetationszeit schon nach hinten eingeschränkt ist. Ein weiterer Schnitt des Feldfutters im Frühling vor der Maissaat kann also nur bei entsprechendem Witterungsverlauf (frühem Vegetationsbeginn) und ausreichendem Niederschlag durchgeführt werden.

Der Fokus von **Fruchtfolge 13** liegt auf über 2-jährigem Feldfutter, das als Untersaat im Ganzpflanzen-Getreide im 2. Jahr etabliert wird. Die Untersaat führt gegenüber der Blanksaat zu einer besseren und früheren Etablierung des Weidelgrases. Damit kann ein Entwicklungsvorsprung des Weidelgrasbestandes sowie ein Ertragsvorteil realisiert werden. Im Durchschnitt über die 4-jährige Fruchtfolge wird ein Methanertrag von 3725 m³/ha erzielt. Die Humusbilanz ist sehr hoch bei 630 HÄ. Bei Verzicht auf das 2. Hauptnutzungsjahr des Feldfutters (**Fruchtfolge 13b**) liegt die Humusbilanz über die Fruchtfolge immer noch im sehr hohen Bereich. Bereits die Einbindung eines 1,5-jährigen Feldfutteranbaus hat einen stark humusmehrenden Effekt und ist zum Ausgleich stark humuszehrender Fruchtfolgeglieder zu empfehlen.

In **Fruchtfolge 14** wird das Getreide im 2. Jahr gedroschen und das Korn als Biogassubstrat verwendet. Diese Fruchtfolge erzielt mit nicht ganz 3500 m³ Methan/ha etwas weniger Biogas als die Fruchtfolge 13 mit GPS-Nutzung und Untersaat. Da die Humusbilanz mit Stroh im sehr hohen Bereich liegt, kann hier das Stroh bedenkenlos abgefahren werden. Auch bei Verkauf von Korn und Stroh sowie Verzicht auf das 2. Hauptnutzungsjahr des Feldfutters (**Fruchtfolge 14b**), wird eine positive Humusbilanz von 230 HÄ (360 HÄ bei Strohverbleib) erreicht.

Die vierjährige **Fruchtfolge 15** besteht aus Silomais, Ganzpflanzen-Getreide und danach als Sommerblanksaat angesättem Feldfutter, das für 2 Hauptnutzungsjahre stehen bleibt. Mit

dieser Fruchtfolge werden etwa 3860 m³ Methan/ha erzielt. Auch bei dieser Fruchtfolge liegt die Humusbilanz mit 670 HÄ weit im positiven Bereich.

Tabelle 4: Überblick über TM-Ertrag, Methanertrag, Gärrestanfall und Humusbilanz von feldfutterbetonten Fruchtfolgen

Fruchtfolge			TM-Ertrag	Methan- ertrag	Gärrest- anfall	Humus- bilanz
			dt/ha	Nm ³ /ha	(7% TS) m ³ /ha	Humusäqui- valent (HÄ)
13	1. Jahr:	Silomais	180	4940	55	
	2. Jahr:	Getreide-GPS ¹	80	2130	35	
		Untersaat	60	1470	24	
	3. Jahr:	Feldfutter	130	3180	52	
	4. Jahr:	Feldfutter	130	3180	52	
pro Jahr im Mittel der FF			145	3725	55	630
13b	1. Jahr:	Silomais	180	4940	55	
	2. Jahr:	Getreide-GPS ¹	80	2130	35	
		Untersaat	60	1470	24	
	3. Jahr:	Feldfutter	130	3180	52	
	pro Jahr im Mittel der FF			150	3907	55
14	1. Jahr:	Silomais	180	4940	55	
	2. Jahr:	Getreide (Korn _{Bio-} gas)	60	1880	10	
		Feldfutter ²	30	730	12	
	3. Jahr:	Feldfutter	130	3180	52	
	4. Jahr:	Feldfutter	130	3180	52	
pro Jahr im Mittel der FF			135	3478	45	570
14b	1. Jahr:	Silomais	180	4940	55	
	2. Jahr:	Getreide (Korn- Verkauf)				
		Feldfutter ²	30	730	12	
	3. Jahr:	Feldfutter	130	3180	52	
pro Jahr im Mittel der FF			113	2950	40	360
15	1. Jahr:	Silomais	180	4940	55	
	2. Jahr:	Getreide-GPS	110	2930	48	
		Feldfutter ³	50	1220	20	
	3. Jahr:	Feldfutter	130	3180	52	
	4. Jahr:	Feldfutter	130	3180	52	
pro Jahr im Mittel der FF			150	3863	57	670
16	1. Jahr:	Getreide-GPS	110	2930	48	
		Feldfutter ³	50	1220	20	
	2. Jahr:	Feldfutter	130	3180	52	
	3. Jahr:	Feldfutter	130	3180	52	
pro Jahr im Mittel der FF			140	3503	57	1000
17	Dauergrünland		100	2450	40	360

¹Getreide-GPS als Deckfrucht; ²Herbstnutzung; ³zwei Schnitte

Fruchtfolge 16 stellt eine Energiepflanzenfruchtfolge ganz ohne Silomais, nur auf Basis von Ganzpflanzen-Getreide und Feldfutter, dar. Der Methan-Ertrag liegt bei etwa 3500 m³/ha. Die Humusbilanz dieser Fruchtfolge ist mit 1000 HÄ sehr hoch. Für diese Fruchtfolge ist der Umbruch des Feldfutters im frühen Herbst vor der Ansaat des Getreides notwendig, wodurch auf durchlässigen sowie flachgründigen Böden eine sehr hohe Gefahr durch Stickstoffauswaschung ins Grundwasser besteht.

Die hohe Humusanreicherung ist nicht nur positiv bezüglich Bodenverbesserung und der klimaschonenden C-Senke im Boden zu sehen. Mit solch hohen Humusbilanzen geht ein erhöhtes Risiko für Stickstoffverluste durch Mineralisation und eine niedrigere Stickstoff-Effizienz beim Anbau einher. Die hohen Humusbilanzen ermöglichen die Abgabe von Gärresten an andere Betriebe oder die Nutzung der Gärreste auf anderen Flächen des Betriebes, auf denen keine Biogassubstrate produziert werden. Außerdem kann eventuell anfallendes Stroh dem Kreislauf entzogen und verkauft werden. Das ein- bis mehrjährige Ackerfutter zeigt bei der Bilanzierung sein überragendes Potenzial zur Bodenverbesserung und kann auch als „Spring-Fruchtfolgeglied“ genutzt werden, das in allen Fruchtfolgen des Betriebes eingebaut wird, um bei Bedarf die Humusbilanz auszugleichen.

Die Nutzung von **Dauergrünland-Aufwuchs (17)** als Biogassubstrat ist ein wichtiger Beitrag zur Erhaltung der ökologisch wertvollen Grünlandflächen auch in Zeiten abnehmender Viehbestände bzw. abnehmenden Grundfutterbedarfs. Bei der Nutzung von Grünlandaufwüchsen als Biogassubstrat können mit 100 dt/ha Trockenmasse 2450 m³ Methan/ha erwirtschaftet werden. Es fallen Gärrestmengen mit einer Humusreproduktionsleistung von 360 HÄ an.

4 Fazit

Die Bewertung der Fruchtfolgen zeigt, dass nicht nur der alleinige Methanhektarertrag ein wichtiges Auswahlkriterium für den Anbau der Fruchtarten als Biogassubstrat ist. Im Hinblick auf eine nachhaltige Substratproduktion spielt die Humusbilanz und die Gärrestrückführung eine wichtige Rolle. Unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten sollte eine langfristig gesicherte Produktion von Biogassubstraten den Anbau verschiedener Kulturen unter Berücksichtigung der Regeln des Fruchtwechsels beinhalten.

Tabelle 5: Datensammlung zu Ertragsleistung, Methanertrag, Gärrestanfall und Humusbilanz der einzelnen Fruchtarten

Pflanzenart	TM-Ertrag	Methan-Ausbeute	Methan-Ertrag	Gärrest-Anfall	Humus-wirkung	Humus-Bilanz
	dt TM/ha	NI/kg oTM	m ³ /ha	m ³ /ha	Humus- äquivalent	Humus- äquivalent
Silomais	180	340	4940	55	-800	-330
Silomais nach Grünroggen	160	340	4390	49	-800	-390
Silomais/Zweitfrucht	110	340	3020	34	-800	-510
Sorghum/Zweitfrucht ²	100	320	2450	45	-800	-400
Grünroggen	55	320	1350	20	-120	60
Wintergetreide-GPS/ Erstfrucht ¹	90	330	2400	42	-400	-40
Wintergetreide-GPS/ Hauptfrucht Ertrag mittel	110	330	2930	48	-400	10
Wintergetreide-GPS/ Hauptfrucht Ertrag hoch	130	330	3460	53	-400	40
Wintergetreide-GPS/ Deckfrucht mit Untersaat	80	330	2130	35	-400	-110
Untersaat	70	320	1710	24	350	550
Getreide (Korn Biogas)	60	380	1880	9	-400	-330
Körnermais (Korn Biogas)	90	380	2850	14	-800	-280
Zuckerrübe	150	350	3790	51	-1300	-710
Welsches Weidelgras/ nur Herbstnutzung	30	320	730	12	125	230
Welsches Weidelgras/ Herbst- und Frühjahrsnutzung	70	320	1710	29	265	510
Feldfutter, Ansaatjahr/ 2 Schnitte	50	320	1220	20	450	620
Feldfutterbau	130	320	3180	52	700	1130
Grünland	100	320	2450	40		360

¹Ernte Ende Mai/AnfangJuni

²Für Sorghum sind im LfL-Rechner gegenüber Mais ein niedrigerer TS Gehalt, ein höherer Aschegehalt und eine niedrigere Methanausbeuten unterstellt was im Verhältnis zu Mais zu einem höheren Gärrestanfall führt

Quellen:

KTBL (2010): Gasausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. 2. überarbeitete Auflage, S. 36.

Landesanstalt für Landwirtschaft – Gärrestrechner mit Internetlink

<http://www.lfl-design3.bayern.de/iab/duengung/39709/>

Landesanstalt für Landwirtschaft – Humusbilanz-Methoden

<http://www.lfl.bayern.de/iab/boden/45108/>

Anmerkung: Auf dieser Seite finden sich verschiedene Rechner zur Humusbilanzierung mit den aktuell gültigen Werten.

Baserga U., 1998, Landwirtschaftliche Co-Vergärungs-Biogasanlagen, FAT-Berichte Nr. 512

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

Arbeitsgruppe I (Substratproduktion)

hier erarbeiten Experten Publikationen zu folgenden Themen:

- Züchtung und Anbau von Nachwachsenden Rohstoffen
- Fruchtfolgen
- Gärrestverwertung und Düngung

Mitglieder der Arbeitsgruppe I (Substratproduktion)

- **Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Bamberg und Ansbach**
- **Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft**
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz
- **Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau**
- **Bayerisches Landesamt für Umwelt**
- **C.A.R.M.E.N. e.V.**
- **Landeskuratorium für pflanzliche Erzeugung in Bayern**
- **Landwirtschaftliche Lehranstalten Triesdorf**
- **Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe**

Zitiervorlage:

Hofmann, D. , E. Stickse, F. Lichti, K. Deiglmaier und M. Fritz (2013): Bewertung von Fruchtfolgen für die Biogaserzeugung in Bayern. In: Biogas Forum Bayern Nr. I- 20/2013, Hrsg. ALB Bayern e.V., http://www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Bewertung_von_Fruchtfolgen_fuer_die_Biogaserzeugung_in_Bayern.pdf, Stand [Abrufdatum].



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