

## **Zweikulturnutzungssystem (ZKNS) im Vergleich zu herkömmlichen Anbauverfahren**



**Nr. I – 10/2010**

---

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

Dr. Ewald Sticksel

Georg Salzeder

Dr. Joachim Eder

Alois Aigner



Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

Dr. Maendy Fritz

Dr. Kathrin Deiglmayr



**Technologie- und Förderzentrum**  
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe

# Zweikulturnutzungssystem (ZKNS) im Vergleich zu herkömmlichen Anbauverfahren

## 1. Allgemeines

Bei der Nutzung von Getreide als Ganzpflanzensilage ist der Erntetermin gegenüber der Kornnutzung um 3 bis 5 Wochen vorverlegt. So erreicht Wintergerste im bayerischen Mittel bereits Ende Mai die Siloreife (30 % Trockensubstanz), Winterroggen in der ersten Junidekade, Wintertriticale in der zweiten Junidekade und Winterweizen in der zweiten bis dritten Junidekade. Bei der GPS-Nutzung ergibt sich also eine deutlich längere Vegetationszeit für die nachfolgend angebauten Kulturen als bei der herkömmlichen Kornnutzung. Biogasanlagenbetreiber versuchen in dieser Zeitspanne massenwüchsige Pflanzenarten anzubauen, um so zwei vollwertige Ernten und damit einen hohen Trockenmasseertrag zu realisieren. Für dieses Anbauverfahren führten Graß und Scheffer (2005) den Begriff „Zweikulturnutzungssystem“ (ZKNS) ein. In der Literatur finden sich Angaben, dass in einem ZKNS der Ertrag gegenüber dem reinen Hauptfruchtanbau um rund 20 % gesteigert werden kann (z.B. Karpenstein-Machan, 2005).

Im Folgenden wird mit ZKNS ein Anbauverfahren bezeichnet, bei dem der Aufwuchs der Erstfrucht wie auch der Zweitfrucht die Siloreife erreichen. Dazu müssen die Bestände einen ausreichend hohen Trockensubstanzgehalt erreichen. Gegenüber einer Kombination aus Haupt- und Zwischenfrucht wird das ZKNS dadurch abgegrenzt, dass Zwischenfrüchte aufgrund ihres geringen Trockensubstanzgehaltes angelwelkt werden müssen.

Für den praktischen Biogasanlagenbetreiber stellt sich die Frage, ob die Ertragsleistung in einem ZKNS tatsächlich höher ist bei einem herkömmlichen Anbauverfahren (z.B. Silomais als Hauptfrucht ohne Vornutzung). Eine weitere Erwartung an das ZKNS ist es, nach der GPS-Ernte andere Sommerungen als den Mais anbauen zu können und so einem einseitigen Maisanbau gegenzusteuern.

## 2. Standortansprüche

Das ZKNS setzt eine hohe Standortgüte voraus. Insbesondere die Niederschlagsmenge ist hier entscheidend. Nach einer Expertenbefragung wird eine Jahresniederschlagsmenge von 800 mm bzw. 500 mm in der Hauptvegetationszeit (April bis September) als Voraussetzung für einen ertragreichen ZKNS-Anbau angesehen. Bei hohen Regenmengen gilt es zu bedenken, dass die Ernte der Erstfrucht und die Saat der Zweitfrucht möglichst rasch aufeinander folgen müssen, um keine Vegetationszeit zu verlieren. Zudem ist in aller Regel vor der Saat der Zweitfrucht die Ausbringung von Gärrest einzuplanen. Somit stellt dieses Verfahren hohe Anforderungen an die Befahrbarkeit der Schläge. Bodenverdichtungen vor der Zweitfruchtsaat sind unbedingt zu vermeiden, da sonst Ertragseinbußen unausweichlich sind. In Regionen mit ausreichend hohen Niederschlägen ist die Spanne der Feldarbeitstage entsprechend kurz, deshalb stellt das ZKNS hohe Anforderungen an die Schlagkraft, die Technisierung sowie die Organisation der Arbeitsabläufe.

Die Vegetationszeit muss ausreichend lang sein. Mittelgebirgslagen mit langer Schneebedeckung und früh einsetzender Vegetationsruhe scheiden damit aus. Als Faustzahl kann eine Jahresmitteltemperatur von 7,5 °C und eine mittlere Temperatur in der Vegetationszeit von 13,5 °C als untere Grenze angegeben werden.

Die Zweitfruchtsaat erstreckt sich über den Zeitraum Ende Mai bis Ende Juni. In diesem Abschnitt ist mit dem Auftreten erosiver Niederschläge zu rechnen. Auf erosionsanfälligen Standorten sind deshalb unbedingt Erosionsschutzmaßnahmen einzuplanen. Generell sollten die Standorte sich in einem guten Fruchtbarkeitszustand befinden, leicht zu bearbeiten sein und ein gutes Wasserhaltevermögen aufweisen.

### 3. Artenwahl der Erstfrüchte im Zweikulturnutzungssystem

#### Getreide-Ganzpflanzensilage

Grundsätzlich sind alle Wintergetreidearten als Erstfrüchte geeignet. Dabei ist die Wintergerste auf frühräumende Vorfrüchte angewiesen und liefert von allen Wintergetreiden die niedrigsten Erträge. Diese Nachteile sind gegen den Vorteil der frühen Ernte und damit der potentiell längeren Vegetationszeit für die Zweitfrucht abzuwägen. Roggen und Triticale sind spätsaatverträglicher, erreichen aber die Siloreife erst später. Winterweizen ist grundsätzlich ebenfalls zur GPS-Nutzung geeignet, allerdings zeigt eine Vielzahl von Versuchen, dass das Ertragspotential eher niedriger ist als das von Triticale. In Tabelle 1 sind mittlere Saat- und Erntetermine ausgewählter Wintergetreidearten bei GPS-Nutzung dargestellt. Dabei geben die angegebenen Trockenmasseerträge das Ertragspotential bei frühest möglicher GPS-Ernte (28 – 30 % Trockensubstanzgehalt) wieder.

Nach Tabelle 1 erreicht Triticale erst Mitte Juni die Siloreife. Dieser Termin ist so spät, dass massewüchsige Zweitkulturen nach Triticale-GPS-Ernte nicht mehr anbauwürdig sind. Es ist deshalb nicht empfehlenswert, Triticale als Erstfrucht in einem ZKNS einzuplanen. Gleiches gilt für den Winterweizen. Aufgrund des frühen Erntetermins sind Wintergerste und Winterroggen als Erstfrüchte zu empfehlen.

Tabelle 1: Saattermin, frühester Eintritt der Siloreife und mittlerer Trockenmasseertrag<sup>1</sup> bei beginnender Siloreife von Wintergetreide-GPS unter bayerischen Anbaubedingungen

	Saattermin	Siloreife	Trockenmasseertrag (dt/ha)
Wintergerste	15.09. - 25.09.	Anf. Juni	100
Winterroggen	25.09. - 10.10.	Anf. - Mitte Juni	120
Wintertriticale	25.09. - 10.10.	Mitte Juni	140
Winterweizen	01.10. - 20.10.	Mitte/Ende Juni	140

<sup>1</sup>Erträge sind für Praxisbedingungen um 20 % zu reduzieren

## Alternativen zu Getreide-Ganzpflanzensilage

In Versuchen zur Zweikulturnutzung des deutschlandweiten Verbundvorhabens „EVA“ (Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen) wurden am Standort Straubing neben Winterroggen das Gemenge von Winterroggen mit Wintergerste sowie Winterrübsen in Reinsaat als Erstfrüchte getestet. Das Winterroggen-Wintergerste-Gemenge zeigte sich dabei in dem dreijährigen Versuch dem Winterroggen in Reinsaat überlegen. Neben den um knapp 5 dt/ha höheren Trockenmasse-Erträgen waren dabei insbesondere die frühere Abreife sowie die verringerte Lagerneigung von Vorteil. Winterrübsen erwies sich aufgrund seines niedrigen Ertragspotentials von im Mittel knapp 80 dt/ha und einer schlechten Silierfähigkeit als ungeeignete Erstfrucht.

### 4. Artenwahl der Zweitfrüchte im Zweikulturnutzungssystem

Als Zweitfrüchte kommen massewüchsige Kulturarten wie Silomais, Sorghumhirse oder Sonnenblumen, aber auch Sommergetreide und Pseudogetreidearten wie Amaranth, Reis- melde und Buchweizen in Frage. Nachfolgend werden diese Arten hinsichtlich ihres Trockenmasseertrages, des Trockensubstanzgehaltes und allgemeiner pflanzenbaulicher Aspekte bewertet.

#### Hafer

In bayernweit durchgeführten Versuchen der LfL hat sich Hafer aufgrund seines geringen Trockenmasseertrages von nur 34 bis 43 dt/ha als nicht anbauwürdig erwiesen (Tab. 2). Offensichtlich entsprechen bei Saaten im Juni weder die Tageslänge noch die Temperaturen den Ansprüchen des Hafers für ein ausreichendes vegetatives Wachstum. Die Bestände gingen bei niedrigen Wuchshöhen und mit schwacher Bestockung sehr schnell in die Schossphase über. Zudem wurden die Pflanzen stark von Krankheiten, vor allem Haferkronenrost, befallen.

Obwohl der Hafer pflanzenbaulich günstige Eigenschaften aufweist, kann er als Zweitfrucht nicht empfohlen werden.

#### Sorghumhirse

Die Sorghumhirse erreichte in Zweitfruchtstellung mit 92 bis 111 dt Trockenmasse/ha ein ansehnliches Ertragsniveau (Tab. 2). Allerdings war der Trockensubstanzgehalt für eine verlustfreie Silierung nicht ausreichend. Das Merkmal „Frühreife“ bzw. „Trockensubstanzgehalt zur Ernte“ wird züchterisch intensiv bearbeitet, so dass zu erwarten ist, dass in Kürze verbesserte Sorten für den Anbau zur Verfügung stehen. Auch die sortenbedingt teilweise geringe Standfestigkeit wird züchterisch verbessert.

Detaillierte Anbauhinweise zum Sorghumanbau sind in der Veröffentlichung „Sorghumhirse für die Verwendung in Biogasanlagen“ im Biogas Forum Bayern <http://www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Sorghumhirsens.fuer.die.Verwendung.in.Biogasanlagen.pdf> dargestellt. Insbesondere das niedrige Tausendkorngewicht und die Empfindlichkeit gegenüber Bodenverdichtungen sind beim Anbau der Sorghumhirse zu beachten. Das Saatgut muss dementsprechend flach abgelegt werden und der Anschluss an die wasserführende Schicht

muss sichergestellt sein. Auf kalten und schweren Böden ist eine Pflugfurche und anschließende Rückverfestigung nötig. Die Saat der Sorghumhirse stellt also sehr hohe Anforderungen an die Saatbettbereitung und die Saatechnik. Da im ZKNS die Ernte der Erstfrucht, die Gärrestaubsbringung und die Saat der Zweitfrucht rasch aufeinanderfolgen, ist dieser Aspekt speziell bei der kleinkörnigen Hirse besonders zu beachten.

Der Anbau der Hirse ist aus pflanzenbaulichen Aspekten zu begrüßen, da er eine Aufweitung des Kulturartenspektrums darstellt und so zur Erhöhung der Biodiversität beiträgt. Zum jetzigen Stand der Züchtung ist die Nutzung der Sorghumhirsens nur möglich nach früh räumenden Kulturen, wie z. B. Wintergerste-GPS, mit einem Saattermin nicht nach der ersten Junidekade bei ausdrücklicher Wahl früh abreifender Sorten.

Tabelle 2: Mittlere Trockenmasseerträge<sup>1</sup> und Trockensubstanzgehalte ausgewählter Zweitfrüchte unter bayerischen Anbaubedingungen

Saattermin	Art	Trockenmasse- ertrag (dt/ha)	Trockensubstanz- gehalt (%)
Anfang Juni	Hafer	43	29,5
	Sorghumhirse	111	22,1
	Silomais	150	33,3
	Sonnenblumen	92	26,0
Mitte/Ende Juni	Hafer	34	28,4
	Sorghumhirse	92	19,8
	Silomais	130	28,1
	Sonnenblumen	85	21,2

<sup>1</sup>Erträge sind für Praxisbedingungen um 20 % zu reduzieren

## Silomais

Silomais erwies sich als die mit Abstand ertragreichste Zweitfrucht (Tab. 2). Gleichzeitig erreicht Mais bis zu einem Saattermin Anfang Juni beim Anbau von Sorten mit niedriger Siloreifezahl (ca. 200) sicher die Siloreife. Die Fruchtfolgeeffekte, die von Mais in Zweitfruchtstellung ausgehen, sind mit denen von Mais in Hauptfruchtstellung annähernd gleich zu setzen.



## Sonnenblumen

Sonnenblumen sind als Zweitfrucht wegen des niedrigen Trockensubstanzgehaltes zur Ernte sowie des gegenüber Hirse und Mais geringen Trockenmasseertrages nicht geeignet (Tab. 2). Außerdem besteht die Gefahr, dass Sonnenblumen bei feuchtem Witterungsverlauf in der Abreife von Pilzkrankheiten befallen werden, was die Beerntung erschweren kann. Sonnenblumen lassen sich im Silo schwer verdichten. Obwohl die Sonnenblumen eine fettreiche Silage ergeben (ca. 12 % Rohfett an der organischen Trockenmasse), sind die im Labor ermittelten spezifischen Methanausbeuten nur unterdurchschnittlich. Eine Ursache dafür ist sicher der hohe Ligningehalt von rund 9 % an der organischen Trockenmasse. Ein weiterer Nachteil bei der Ernte von Sonnenblumen ist der hohe Aschegehalt, der mit rund 10 % doppelt so hoch liegt wie bei Mais.

Nach den bisher vorliegenden Ergebnissen spricht nichts für den Anbau der Sonnenblumen als Zweitfrucht.

## Pseudogetreidearten

Erste Versuchsergebnisse des Technologie- und Förderzentrums innerhalb des Versuchsvorhabens „EVA“ deuten daraufhin, dass Reismelde und Buchweizen interessante Alternativen für den Zweitfruchtanbau darstellen können (Tab. 3). Die Erträge liegen zwar deutlich niedriger als bei Silomais, jedoch werden diese innerhalb einer wesentlich kürzeren Vegetationszeit, in nur 90 bis 100 Tagen nach Aussaat, erzielt. Die Trockensubstanzgehalte erreichen dabei knapp die geforderten 28 %. Während diese Kulturen aus pflanzenbaulicher Sicht eine willkommene Abwechslung in der Fruchtfolgegestaltung darstellen, bieten sie auch einen ökologischen Zusatznutzen als Bienenweide (Buchweizen) bzw. ein attraktives landschaftsgestaltendes Element (orange-rote Fruchtstände der Reismelde).

Tabelle 3: Mittlere Trockenmasseerträge<sup>1</sup> und Trockensubstanzgehalte von Amaranth, Reismelde und Buchweizen am Versuchsstandort Straubing bzw. Mengkofen (Buchweizen)

Saattermin	Art	Trockenmasseertrag (dt/ha)	Trockensubstanzgehalt (%)
	Amaranth	61,8	24,1
Anfang Juni	Reismelde	71,1	27,9
	Buchweizen	69,6	27,4

<sup>1</sup>Erträge sind für Praxisbedingungen um 20 % zu reduzieren

Amaranth kommt wegen seiner schwierigen Etablierung aufgrund des sehr geringen Tausendkorngewichts, seiner unzureichenden Abreife und niedrigen Ertragsleistung als Zweitfrucht nicht in Frage (siehe auch <http://www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Amarant.als.Biogassubstrat.pdf>).

## 5. Bewertung des ZKNS: Fruchtfolge

Nach den bisher vorliegenden Ergebnissen aus dem bayernweiten Versuch zum Zweikulturnutzungssystem sowie dem deutschlandweiten Verbundvorhaben „EVA“ können als Erstfrüchte in einem ZKNS nur Wintergerste oder Winterroggen empfohlen werden. Als Zweitfrucht hat sich der Silomais bewährt. Hafer oder Sonnenblumen können aufgrund der geringen Ertragsleistung und des ungenügenden Trockensubstanzgehaltes nicht empfohlen werden. Sorghumhirse ist für einen Zweitfruchtanbau nur mit Einschränkung (frühreife Sorte, wärmebegünstigte Anbaugelände) geeignet. Daneben kann aber auch der Buchweizen als Zweitfrucht nach Getreide-GPS maisbetonte Fruchtfolgen auflockern.

Da im ZKNS mehr Arbeitsgänge und Überfahrten nötig sind als bei einer einmaligen Ernte, besteht die Gefahr, dass ZKNS-Fruchtfolgen stärker erosionsgefährdet und verdichtungsanfällig sind als herkömmliche Anbauverfahren.

Ein Vorteil des ZKNS besteht darin, dass gegenüber dem alleinigen Maisanbau Arbeitsspitzen entzerrt werden und der Siloraum durch die zeitlich gestaffelten Ernten besser ausgenutzt wird.

## 6. Bewertung des ZKNS: Ertrag

In Tabelle 4 werden ertragsstarke Kombinationen des ZKNS (frühhäufige Wintergerste plus nachfolgender Silomais) mit alleinigem Silomaisanbau (Hauptfruchtstellung) verglichen. Im ZKNS wurden sowohl Mindererträge von -30 dt/ha als auch Mehrerträge von +25 dt/ha ermittelt. Eine generelle Über- oder Unterlegenheit des ZKNS gegenüber Mais in Hauptfruchtstellung kann für bayerische Anbaubedingungen nicht abgeleitet werden. Den teilweise geringen Mehrerträgen sind der höhere Aufwand und das größere Risiko im ZKNS gegenüberzustellen. Trotzdem ist das ZKNS ein Ansatz, um in Gunstlagen und bei entsprechender Technisierung den Ertrag zu maximieren, so dass bei knapper Flächenausstattung die Substratbereitstellung besser abgesichert wird.

Tabelle 4: Gegenüberstellung der mittleren Trockenmasseerträge<sup>1</sup> (dt/ha) von Mais und dem ZKNS (dreijährig)

	Freising	Ansbach	Straubing
Mais (Hauptfruchtstellung)	277	204	292
ZKNS (Wintergerste + Mais)	297 (109 + 188)	229 (96 + 133)	262 (122 + 140)

<sup>1</sup>Erträge sind für Praxisbedingungen um 20 % zu reduzieren

## 7. Literatur

Graß, R. und K. Scheffer (2005): Alternative Anbaumethoden: Das Zweikulturnutzungssystem. Natur und Landschaft 9/10, S. 435-439.

Karpenstein-Machan, M. (2005): Energiepflanzenanbau für Biogasanlagenbetreiber. DLG-Verlag, Frankfurt/M.

Stülpnagel, R., Von Buttlar, C., Heuser, F. und Wachendorf, M. (2009): Systemversuch zum Zweikultur-Nutzungssystem auf sechs Standorten im Bundesgebiet. Schlussbericht. (Demnächst online verfügbar unter [www.fnr.de](http://www.fnr.de)).



## 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 Ansbach und Bamberg**
- **Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.**
- **Bayerisches Landesamt für Umwelt**
- **Biogasanlagenbetreiber**
- **Fachverband Biogas**
- **Landesanstalt für Landwirtschaft**  
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung  
Institut für Landtechnik und Tierhaltung  
Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz
- **Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe**



#### 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](mailto:info@biogas-forum-bayern.de)