

## **Silomais für die Biogasproduktion**



**Nr. 1 – 2/2009**

---

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



Dr. Joachim Eder

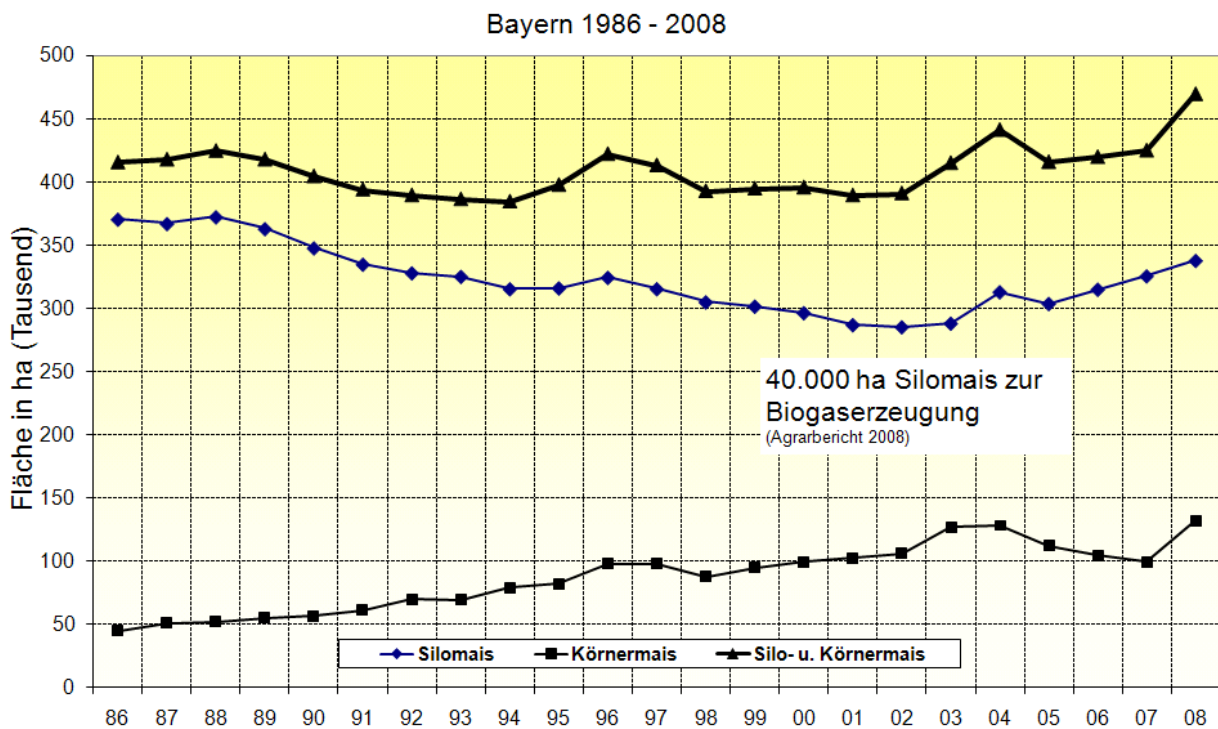
Barbara Eder

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

# Silomais für die Biogasproduktion

## 1. Allgemeines

Silomais ist die wichtigste Kulturpflanze zur Erzeugung von Biogas aus nachwachsenden Rohstoffen. In Bayern liegt der Maisanbau seit 20 Jahren relativ konstant bei rund 400.000 ha (Abb.1). Etwa 40.000 ha Mais, entsprechend 10 % der gesamten Maisfläche Bayerns, werden zur Zeit für die Biogasproduktion verwendet. Eine weitere Ausdehnung des Anbauumfangs wird von der Öffentlichkeit kritisch gesehen. Der Anbau von gentechnisch veränderten Maissorten zur Energieerzeugung spielt derzeit keine Rolle.



**Abb.1:** Entwicklung der Maisanbauflächen in Abhängigkeit der Verwertungsrichtung von 1986-2008 in Bayern

## 2. Standortansprüche

Die Standortansprüche für Energiemais (Temperatur, Niederschlag, Boden) sind identisch mit denen für andere Verwertungsrichtungen.

### **3. Bodenbearbeitung, Saatbettbereitung**

Im Wesentlichen gibt es keine Unterschiede zu den anderen Verwertungsrichtungen. Bei hängigem Gelände ist Mulchsaat eine wichtige Maßnahme zu Erosionsvermeidung. Bei ungünstiger Wasserversorgung des Standortes ist auch beim Anbau von Mais als Zweitfrucht (z.B. Mais nach Grünroggen) eine Wasser schonende, nicht wendende Bodenbearbeitung bzw. Saatbettbereitung mit Mulchsaattechnik zu empfehlen.

### **4. Saattermin, Saattechnik, Saatmenge - Bestandesdichte, Reihentfernung**

Der Saattermin, die Saattechnik, die Saatmenge sowie die Reihentfernung beim Anbau von Mais zur Biogaserzeugung entsprechen den allgemeinen Empfehlungen zum Silomaisanbau. Die Saatstärken sind in Abhängigkeit des Sortentyps zu wählen, in der Regel werden 10 Pfl./m<sup>2</sup> (Reihenweite 75 cm) ausgesät. Höhere Pflanzenzahlen (bis 12 Pfl./m<sup>2</sup>) können den Massenertrag weiter erhöhen, bedeuten aber unter Umständen ein erhebliches Lagerisiko. Sie sind nur mit Sorten möglich, die über eine gute Standfestigkeit verfügen. Beim Maisanbau zur Biogasproduktion werden teilweise Sorten mit deutlich höheren Reifezahlen angebaut als bei den herkömmlichen Nutzungen. Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass auch etwas spätere Reifetypen mit der standortüblichen Saatstärke gesät werden sollten.

Neben der klassischen Einzelkornsätechnik kann der Einsatz von Universaldrilltechnik eine sinnvolle, weil schlagkräftige Alternative darstellen. Die Ernte mit Selbstfahrern wird heute größtenteils mit Reihen unabhängigen Maisvorsätzen durchgeführt, sodass eine Aussaat mit Reihenweite 75 cm nicht mehr zwingend ist. Beim Einsatz schlagkräftiger Getreide – Universaldrilltechnik ist darauf zu achten, dass der Feldaufgang in der Regel niedriger ist als bei der Einzelkornsätechnik. Die Aussaatstärke sollte deshalb um etwa 10% erhöht werden.

## 5. Sortenwahl

Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Biogasanlage mit Mais ist es wichtig, auf der vorhandenen Fläche möglichst viel organische Masse, die sich gut konservieren und vergären lässt, zu gewinnen. Massenwüchsige restpflanzenbetonte Silomaisarten, eventuell auch spätreifere Typen, die viel Blatt- und Stängelmasse bilden, eignen sich dafür besonders gut.



**Abb.2:** Unterschiede in der Kolbengröße und –ausreife in Abhängigkeit vom Reifetyp der Sorte zeigten keinen Einfluss auf die Methanausbeute von Silomais

Für die Verwertung in der Biogasanlage spielen Qualitätsaspekte einer Sorte, die in der Tierernährung wichtig sind, wie der Stärkegehalt oder die Energiekonzentration, keine entscheidende Rolle. Für die Energieproduktion haben sich deshalb **hoch wachsende, also restpflanzenbetonte, eventuell spätreifere Maissorten**, die während der Vegetationszeit viel Trockenmasse bilden und gleichzeitig sowohl im Frühjahr als auch im Herbst möglichst kältetolerant sind, als vorteilhaft herausgestellt.

Aktuelle regionale Empfehlungen zur Sortenwahl von Energiemais für Bayern werden von der LfL zur Verfügung gestellt. Grundlage der Empfehlungen sind mehrortige und mehrjährige Sortenversuche, in denen neben dem Biomasseertrag je Hektar und dem zugehörigen TS-Gehalt auch weitere Sorteneigenschaften wie Standfestigkeit und Krankheitsresistenz erfasst werden. ([aktuelle Sortenempfehlung](#)).

Die besten und zuverlässigsten Resultate wurden in den Versuche der LfL in den letzten Jahren mit Sorten erzielt, die den **ortsüblichen Reifebereich um nicht mehr als etwa 40 Reifeinheiten übersteigen** (Reifezahl Energiemais = Reifezahl ortsüblich + maximal 40). Extrem spätreife Sorten (Reifezahlen 350 und höher) haben sich generell als für Bayern ungeeignet herausgestellt. Sie bringen keine höheren Erträge (bezogen auf die Trockenmasse) als Sorten aus einem angepassten Reifebereich. Vor allem aber erreichen

sie meist die für eine erfolgreiche Konservierung erforderlichen TS-Gehalte nicht und belasten die Wirtschaftlichkeit der Biogasproduktion durch hohe Transportkosten der nassen Ware. Die höhere Reifezahl gilt nicht für Grenzlagen des Maisanbaus (Mittelgebirge, Höhenlagen). Hier haben sich auch für die Biogasproduktion frühe Maissorten mit Reifezahlen im Bereich von S210 bis S230 bewährt, die auch unter klimatisch ungünstigen Bedingungen einen ausreichenden TS-Gehalt erreichen, um eine problemlose Konservierung zu ermöglichen.

Einige Züchter beschäftigen sich mit der Entwicklung spezieller Maissorten für die Biogasproduktion. Sorten mit besonders hoher Gasleistung (Liter Methan/kg TM) wurden jedoch bisher **nicht** entwickelt. Spezielle Biogassorten sind deshalb solche, die sich durch einen besonders hohen Massenertrag pro ha auszeichnen.

Sind keine speziellen Sorten verfügbar, können auch konventionelle, am besten in den Landessortenversuchen geprüfte und bekannte Silomaisorten im Biogasbereich uneingeschränkt Verwendung finden. Das entscheidende Merkmal für die Sortenwahl ist das Ertragspotential (Trockenmasse pro ha).

## 6. Platz in der Fruchtfolge

Für Energiemais gelten die gleichen Fruchtfolgeansprüche wie für Mais anderer Verwertungen.

## 7. Pflege - Pflanzenschutz

Die wichtigste und einzig übliche Pflanzenschutzmaßnahme bleibt auch bei Energiemais die Unkrautbekämpfung ([http://www.lfl.bayern.de/ips/blattfruechte\\_mais/](http://www.lfl.bayern.de/ips/blattfruechte_mais/)).

## 8. Düngung und Gärrestverwertung

Mais kann die Nährstoffe aus Gülle und Gärresten gut nutzen. Gerade von spätreifen Sorten werden die im Spätsommer aus dem organischen Bodenvorrat freigesetzten N-Mengen gut verwertet. Die Nährstoffmenge oder dessen Verteilung unterscheidet sich nicht von Mais für andere Verwertungen. Beispiele für optimale Gärrestausbringung finden sich unter ([www.lfl.bayern.de/iab/duengung/](http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/)).

## 9. Ernte – optimaler Erntetermin

Bei Verwendung von spätreiferen Sorten verschiebt sich auch der Erntetermin (Abb.3). Wichtig ist es, ein gut silierfähiges Pflanzenmaterial mit einem TS-Gehalt von mindestens 28 % zu produzieren. Niedrigere TS-Gehalte führen im Silo zu Sickersaftbildung und sind unbedingt zu vermeiden. Insbesondere bei großen Siloanlagen mit einer hohen Stapelhöhe sind TS-Werte von mindestens 30% einzuhalten, um die Sickersaftbildung zu verhindern. Der spätest mögliche Erntetermin ist bei einem TS-Gehalt von etwa 35 % anzusetzen, da die

Silierfähigkeit und verlustfreie Lagerung des Substrats sonst ebenfalls beeinträchtigt sein kann. Je trockener das Material, desto schwieriger ist eine ausreichende Verdichtung.

(siehe auch: Merkblatt: Silagesickersaft und Gewässerschutz - Anfall und Verwertung von Silagesickersaft aus Futtermitteln und Biomasse für Biogasanlagen

Schriftleitung: Dr. Hubert Spiekers LfL und Erwin Attenberger LfU; im Druck)

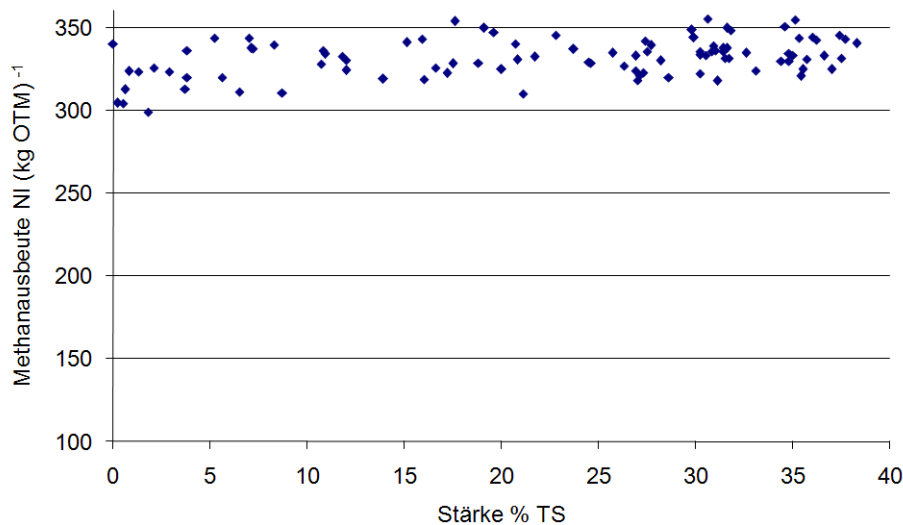


**Abb.3:** Deutlich zu erkennen sind die unterschiedlichen Abreifeerscheinungen von Silomais in Abhängigkeit vom Reifetyp (Oktober 2004, Ismaning)

## 10. Erträge, Qualität und Zusammensetzung des Ernteprodukts, Methanausbeuten

Von der LFL werden jährlich in einem speziell für die Biogaserzeugung angelegten Landessortenversuch ca. 20 Sorten aus einem Reifebereich von S250 bis S330 an acht verschiedenen Standorten geprüft ([Landessortenversuche](#)). Im Mittel erzielten diese Sorten 2008 Versuchserträge von ca. 220 dt ha<sup>-1</sup>. In der Praxis liegt das Ertragspotenzial erfahrungsgemäß um rund 10-20 % niedriger, so dass hier mit TM-Erträgen zwischen 160 dt ha<sup>-1</sup> und im günstigen Fall mit ca. 200 dt ha<sup>-1</sup> gerechnet werden kann. Die Variation zwischen den Orten und zwischen den verschiedenen Sorten ist annähernd gleich hoch und beläuft sich auf etwa 10 %.

Umfangreiche Untersuchungen zum Einfluss der Qualität auf die Methanausbeute (NI CH<sub>4</sub>(kg OTM)<sup>-1</sup>) von Mais zeigten eindeutig, dass die Zusammensetzung des Materials, also der Inhaltsstoffe und deren Veränderung im Verlauf der Abreife keinen statistisch absicherbaren Einfluss auf die Methanausbeute hat. Die Methanausbeute bleibt unabhängig von Sorte oder Erntetermin auf etwa gleichem Niveau ([Ernteterminversuche](#)). Auch ließ sich in den zahlreichen durchgeführten Vergärungsversuchen kein Einfluss des Kolbenanteils auf die Methanausbeute feststellen. Sowohl Sorten mit hohen Kolbenanteilen und somit hohen Stärkegehalten als auch Sorten mit niedrigen Anteilen, wie es vor allem spätreife Sorten bei gleichem Erntetermin aufweisen, erzielen ähnlich hohe Methanausbeuten (Abb.2 und Abb.4).



**Abb.4:** Methanausbeute von Silomais in Abhängigkeit vom Stärkegehalt (Laboranalyse Hohenheimer Biogastest, 2003-2006)

Die Verdaulichkeitsparameter ELOS (enzymlösliche organische Substanz) oder IVDOM (*in vitro* Verdaulichkeit der organischen Substanz), die zur Charakterisierung von Silomaissorten für die Tierernährung üblich sind, zeigten ebenso keinen Einfluss auf die Methanausbeute.

Im Mittel der Versuche wurde für Silomais eine Methanausbeute von ca. 330 NI (kg OTM)<sup>-1</sup> erzielt. [Berechnungen von Keymer](#) ergeben eine mittlere Ausbeute von 304 NI (kg OTM)<sup>-1</sup>. Insgesamt lassen sich somit über den Silomaisanbau realistische Methanhektarerträge von 4800 m<sup>3</sup> bis im besten Fall 8000 m<sup>3</sup> pro Hektar erzielen.

## 11. Eignung zum Zweitfruchtanbau

Mais kann auf Standorten mit ausreichendem Wasserangebot als Zweitfrucht angebaut werden ([Ertragsleistung von Energiemais nach Winterzwischenfrüchten](#)). Bei der Wahl der Reifezahl ist der Saattermin zu berücksichtigen. Bei früher Vorfruchternte (z.B. Grünroggen) bis zur ersten Maidekade sind Sorten der ortsüblichen Reifezahl (ohne Zuschlag) zu empfehlen. Letzter sinnvoller Saattermin in klimatisch günstigen Regionen ist die erste Junidekade. Die Reifezahl ist dann nach unten zu korrigieren. Als optimal haben sich hier in ersten Versuchen Sorten mit Reifezahlen um S200 herausgestellt. Bei Saatterminen ab Anfang Juni ist nicht auszuschließen, dass unter ungünstigen Witterungsbedingungen die erforderlichen TS-Gehalte für die Silierung nicht mehr erreicht werden. Solches Erntegut ist für eine Lagerung in Feldsilos auf keinen Fall geeignet.

---

## 12. Ökologische Aspekte

Die Produktionstechnik für Mais zur Biogaserzeugung unterscheidet sich nicht wesentlich von der zur Futtermittel- oder Nahrungsmittelproduktion. Somit kann davon ausgegangen werden, dass alleine durch die Nutzung zur Energieerzeugung keine zusätzlichen oder erhöhten Umweltbelastungen auftreten ([Umweltwirkungen eines zunehmenden Energiepflanzenanbaus Schriftenreihe 11, 2008](#)).

Mögliche negative Umweltfolgen des Silomaisanbaus können in der höheren Erosionsanfälligkeit liegen. Zudem kann ein langfristig überhöhter Maisanteil in der Fruchtfolge zum Humusabbau und dadurch zum Rückgang der Bodenfruchtbarkeit führen und zur Erhöhung der Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre beitragen. Für eine nachhaltige Wirtschaftsweise ist daher eine ausgewogene Fruchtfolge oder der Anbau von Zwischenfrüchten, die am Feld verbleiben, nötig. Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln beschränkt sich beim Energiemais nahezu ausschließlich auf den Herbizideinsatz. Damit bestehen hier ebenfalls keine grundsätzlichen Unterschiede zum Maisanbau für Futterzwecke.

Falls aufgrund der Förderung nachwachsender Rohstoffe der Anbau von Mais insgesamt erheblich zunehmen sollte, könnten dies nachteilige Auswirkungen auf die Biodiversität in der Feldflur zur Folge haben.



---

## 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)

- **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**
- **Bayerisches Landesamt für Umwelt**
- **Amt für Landwirtschaft Ansbach**
- **Technische Universität München**  
Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie
- **Renergie Allgäu e.V.**
- **Fachverband Biogas**
- **Landeskuratorium für pflanzliche Erzeugung**
- **Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.**



**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.alb-bayern.de>  
E-Mail: [info@alb-bayern.de](mailto:info@alb-bayern.de)