

Ergebnisse mehrjähriger Fruchtfolgeversuche

Mais als Zweitfrucht oder als Hauptfrucht?



Die ökonomische Vorzüglichkeit des Maisanbaus sowohl bei der Futterproduktion als auch bei der Substratversorgung von Biogasanlagen ist unbestritten. Der Anbau von Mais als Monokultur steht jedoch vielfach in der Diskussion, nicht nur in jüngster Zeit durch die Ausweitung des Maisanbaus zur Biogasproduktion. Auch im Bereich des Ackerfutterbaus werden Maismonokulturen häufig kritisch gesehen, sind doch die Flächen nur gut fünf Monate im Jahr bewachsen. Bodenerosion, Humusabbau und Nährstoffausträge können die Folge sein. Auf der anderen Seite zählt der Mais zu den nährstoffeffizientesten Kulturen, die wir kennen. Als C4-Pflanze kann der Mais Stickstoff sehr effizient in Trockenmasse umsetzen, deutlich besser als unsere heimischen C3-Gräser.

Alternativen zum Maisanbau, die auch ökonomischen Gesichtspunkten gerecht werden, sind nur schwer zu finden. Über die Vorteile des An-

baus von Mais in Fruchtfolgen haben Taube und Mitarbeiter im Rahmen dieser Serie im Bauernblatt berichtet (7/2012). In mehrjährigen Fruchtfolgeversuchen zum Futterbau und Energiepflanzenanbau auf dem Versuchsfeld Lindenhof des Fachbereichs Agrarwirtschaft der Fachhochschule Kiel sind in den vergangenen zehn Jahren Daten zur Leistungsfähigkeit der Einzelkulturen und der Gesamterträge gesammelt worden. Im folgenden Beitrag soll die Möglichkeit des Fruchtartenwechsels beim Maisanbau mit dem Schwerpunkt des Anbaus von

Mais als Zweitfrucht dargestellt werden.

Systeme zur Zweitkulturnutzung

Die im Rahmen der Zunahme des Maisanbaus verstärkte Nachfrage nach Produktionsflächen für den Maisanbau führt in Schleswig-Holstein insbesondere in der typischen Futterbauregion auf der Geest zu einer zunehmenden Flächenkonkurrenz zwischen Maisanbau zur Futterproduktion und Maisanbau zur Substratversorgung von Biogasanlagen. In der Folge steigen die Pachtpreise

für die in der Region knappen Ackerflächen. Dies zwingt zu einer möglichst hohen Flächeneffizienz, die durch eine entsprechende Sortenwahl beim Maisanbau in Hauptfruchtstellung gegeben ist. Nachteilig sind die negativen Auswirkungen der Winterbrache, vor allem die Gefahr der Nitratauswaschung. Über eine Winterbegrünung, besonders über Untersaaten, kann diesem Nachteil entgegen gewirkt werden.

Zur Steigerung der Flächeneffizienz kann aber auch über eine Nut-

Tabelle 1: Einfluss des Anbausystems auf Ertrags- und Qualitätsparameter von Silomais (Mittel aus drei N-Stufen, zwei Güllestufen, drei Jahren, drei Wiederholungen, Sorte: Tassilo S200)

Anbausystem	TM dt/ha	NEL GJ/ha	Stärke dt/ha	N kg/ha	TM %	NEL MJ/kg TM	Stärke % d. TM	Rp % d. TM
Maismonokultur	142,1 ^a	86,0 ^a	42,5 ^a	136,6	37,3 ^a	6,06	29,7 ^a	6,0 ^b
Mais nach Graszwischenfrucht 1. Schnitt	122,2 ^b	74,2 ^b	24,7 ^b	127,1	29,4 ^b	6,11	19,9 ^b	6,4 ^a
GD _{0.05}	11,1***	7,2***	4,6***	n.s.	2,2***	n.s.	1,9***	0,3***

GD = Grenzdifferenz mit $p < 0,05$. Mittelwerte in einer Spalte mit den gleichen Buchstaben sind nicht signifikant unterschiedlich bei $p < 0,05$.



Mais nach Grünroggen (Vordergrund, Aussaat 15. Mai) im Vergleich zur Normalaussaat (Bildmitte, 20. April).

zung der Winterzwischenfrucht nachgedacht werden. Ergebnisse aus dem bundesweiten Energiepflanzenfruchtfolgeprojekt „Eva“ zeigen, dass die Gesamtleistung aus Winterzwischenfrucht (zum Beispiel Ackergras oder Grünroggen) und nachfolgendem Silomaisanbau Ertragsvorteile je nach Standort zwischen 10 und 20 % bringt (Vet-

ter et al., 2009). Pflanzenbaulich begrenzend wirken in vielen Regionen hauptsächlich die Länge der Vegetationszeit und die in dieser Periode für das Pflanzenwachstum verfügbare Wassermenge. Besonders die verfügbare Wassermenge, die auch produktiven Maissorten in Hauptfruchtstellung auf leichten Standorten Probleme bereiten

kann, scheint intensive Zweiffruchtssysteme auf diesen Standorten auszuschließen. Auf der anderen Seite hat sich die Vegetationszeit (über 5 °C Tagesmitteltemperatur) in Deutschland seit 1961 um durchschnittlich 5,5 Tage pro Dekade verlängert (Chmielewski et al., 2009), relativ ähnlich in Nord- und Süddeutschland.

Zweiffruchtssysteme in Schleswig-Holstein

Zweiffruchtssysteme können unterschiedlich definiert sein. Vor dem Hintergrund der für Schleswig-Holstein häufig suboptimalen Temperaturbedingungen für den Maisanbau bietet sich hier nicht das klassische Zweikulturnutzungssystem an, das

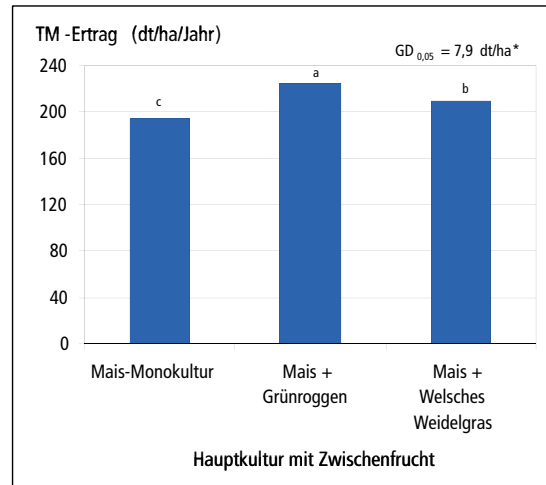
10 GJ/ha NEL. Damit erreicht der Mais nach der Graszwischenfrucht zirka 90 % der Ertragsleistung der Monokultur. Die optimale N-Versorgung ist ungefähr vergleichbar. Ergebnisse aus Niedersachsen zeigen, dass Zweitfruchtmais zirka 40 kg/ha N weniger für sein Ertragsoptimum benötigt als Mais in Monokultur (140 kg/ha zu 180 kg/ha), allerdings auch bei insgesamt höherem Ertragsniveau (Baumgärtel und Eiler, 2012). Da die aufgenommenen N-Mengen auch vergleichbar sind, ist nicht davon auszugehen, dass größere Rest-N-Mengen aus der Düngung der Graszwischenfrucht zur Wirkung kamen. Gleiche N-Aufnahmemengen bei geringerem TM-Ertrag führten allerdings zu höheren RP-Gehalten beim Zweitfruchtmais.

Die Abreifeparameter TM-Gehalt und besonders der Stärkegehalt sind beim Zweitfruchtmais ungünstiger als beim Mais in Monokultur. Hier kommt die reduzierte Vegetationszeit zum Ausdruck, in der

der Mais sein Ertragspotenzial nicht ausschöpfen kann. Die sehr frühe Mais-Sorte Nancis (S150) wies dagegen einen höheren Stärkegehalt auf, allerdings bei deutlich geringerem TM- und NEL-Ertrag (-10 %). Der NEL-Gehalt war vergleichbar, somit bildet und speichert der Mais als Zweitfrucht zwar Assimilate, diese werden jedoch weniger in Stärke umgewandelt.

Für die Stärkebildung sind insbesondere hohe Temperaturen und entsprechende Temperatursummen in der Kornfüllungsphase not-

Abbildung 4: Ertragsleistung von Maisanbausystemen zur Biogassubstratproduktion in Monokultur und mit verschiedenen Winterzwischenfrüchten (Lindenhof, Mittel vier Jahre, fünf Maissorten, vier Wdh.)



wendig. Diese standen dem Zweitfruchtmais nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung.

Bedeutung des Ackergrases

Die Etablierung der Grasmischung bei dem Aussaatzeitpunkt 20. September war in allen Jahren sicher gelungen und gewährleistete normale Erträge zum ersten Schnitt im Folgejahr. Ackergras als Winterzwischenfrucht mit der Nutzung des ersten Schnittes konnte den Gesamtertrag des Zweifruchtsystems um zirka 20 GJ/ha/a NEL im Vergleich zur Maismonokultur steigern. Hinsichtlich der optimalen N-Düngung in diesem System war auch in der Gesamtfruchtfolge die reduzierte Variante mit 190 kg/ha/a N (80 Gras + 110 Mais) ausreichend. Die geringeren Maiserträge bei einer Winterzwischenfruchtnutzung werden also durch den ersten Grasaufwuchs überkompensiert. Aus ökologischer Sicht verwertet allerdings bei optimaler N-Intensität die Maismonokultur mit 0,8 GJ NEL/kg N den eingesetzten Dün-

Tabelle 2: Einfluss verschiedener Winterzwischenfrüchte auf den TM-Ertrag von Mais und den Jahresertrag des gesamten Anbausystems (Mittel vier Jahre, Hauptkultur je fünf Sorten, vier Wdh.)

	Mais dt TM/ha	rel.	Anbausystem gesamt dt TM/ha	rel.
Monokultur	194,4 ^a	100	194,4 ^c	100
Mais nach Grünroggen	161,5 ^b	83	224,8 ^a	116
Mais nach Welschem Weidelgras	146,8 ^c	76	209,8 ^b	108
GD _{0,05}	9,1***		10,1***	

gerstickstoff besser als das Zweitfruchtsystem (0,55 GJ NEL/kg N).

Bei der Bewertung der Ertrags- und Qualitätsleistungen ist weiterhin zu berücksichtigen:

- Die Einbeziehung einer Graszwischenfrucht mit der Nutzung des ersten Schnittes kann die gesamte Vegetationsperiode produktiv nutzen und die Erträge der Gesamtfurfolge, auch bei mittleren N-Intensitäten, deutlich steigern bei höherer Energiedichte und höherem Rp-Gehalt im Mittel der Kulturen.

- Die Kombination von Maisanbau und Grasanbau innerhalb einer Vegetationsperiode produziert eine qualitativ hochwertige, maisbetonte Grundfütterration im Verhältnis von zirka 75 bis 80 % Mais und 20 bis 25 % Gras (erster Schnitt) auf derselben Fläche. Unproduktive und qualitativ minderwertige Nachwüchse, wie sie im normalen Ackergrasanbau in der zweiten Vegetationshälfte auftreten, fallen nicht an. Dieses Produktionssystem bietet sich somit besonders für die Fütterung von Hochleistungskühen an. Zusätzliche Grünlandflächen sind nicht erforderlich.

- Es sind frühreife Maissorten zu bevorzugen, die eine ausreichende Abreife und Stärkeeinlagerung gewährleisten. Die dargestellten Ertragsunterschiede bei Betrachtung der gleichen Sorte werden größer, wenn man entsprechend frühere Maissorten für das Zweitkultursystem und spätreifere Sorten für die Maismonokultur einsetzt.

- Dieses sehr intensive Produktionssystem bedeutet aber auch, dass die Fläche zweimal jährlich neu angelegt werden muss mit dem entsprechenden Ansaattrisiko. Die stärkere Beanspruchung des Bodenwasserhaushalts durch den frühen Grasaufwuchs kann bei ausgeprägter Vorsommertrockenheit das Maiswachstum beeinflussen, spielte im vorliegenden Versuch im Vergleich zur Maismonokultur aber kaum eine Rolle. Trockenphasen im Vorsommer beeinflussen den Mais beider Systeme in ähnlicher Weise.

- Die zusätzlichen Kosten durch die Ansaat und den fast doppelten N-Aufwand müssen durch den Mehr-



Auch Wachstumsreglereinsatz im Grünroggen ist notwendig.

Fotos: Prof. Dr. Rainer Wulfes

ertrag getragen werden. Vergleichende Kostenkalkulationen mit einem Rationsgestaltungsprogramm, welches für jede Variante auch die entsprechenden Ausgleichs- und Ergänzungsfuttermittel in einer TMR berücksichtigt, zeigen zirka 2 ct/kg Milch höhere Gesamtfuttermittelkosten im Vergleich zur Maismonokultur. Da die Nutzungskosten der Fläche dabei nicht berücksichtigt wurden, sind weiterhin die Freisetzung von

Futterfläche und deren anderweitige Nutzungsmöglichkeiten zu kalkulieren. Bei steigenden Erzeugerpreisen für andere Kulturen sind hier einzelbetrieblich noch Optimierungsmöglichkeiten zu finden.

Mais als Biogassubstrat

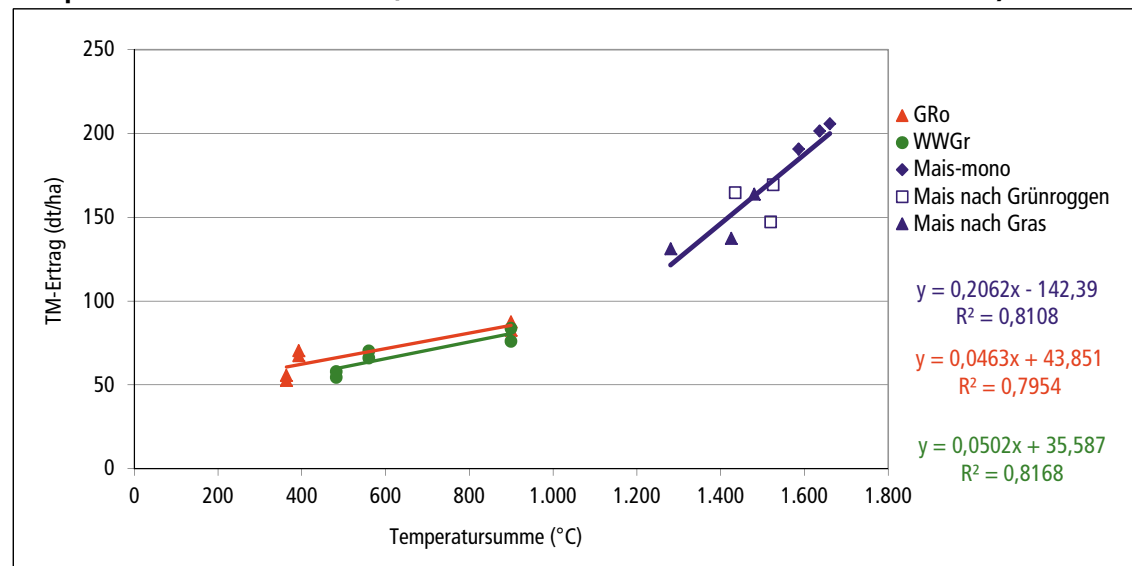
Mais als Energiepflanze kann ebenfalls in Fruchtfolgen angebaut

werden mit ähnlichen Aspekten, wie oben bereits angeführt. Auch hierzu ist auf dem Lindenhof von 2006 bis 2010 ein Fruchtfolgeversuch mit verschiedenen Kulturen und Kombinationen durchgeführt worden. Hieraus werden Daten zum Zweitfruchtanbau dargestellt (Wulfes und Hüneryäger, 2011; Kropf et al., 2011). Im Vergleich zur Fütterung können zur Energiepflanzenutzung Maissorten mit höherer Reifezahl angebaut werden, die vor dem Hintergrund der Sickersaftbildung bei der Silierung zwar auch ausreichend abreifen müssen, bei denen ein hoher Stärkegehalt und damit die ausreichende Kolbenausreife aber nicht so zwingend notwendig ist wie im Futterbau.

Zum Vergleich der Anbausysteme wurden jeweils fünf verschiedene Sorten von unterschiedlichen Züchtern mit Siloreifezahlen zwischen 220 und 260 gewählt, die sowohl als Monokultur als auch in Zweitfruchtstellung angebaut wurden. Als Winterzwischenfrucht wurden Welsches Weidelgras und Grünroggen eingesetzt. Die Aussaat des Mais als Zweitfrucht erfolgte nach der Ernte der Zwischenfrucht zu Beginn des Ährenschiebens (zirka 20. Mai). Die Ernte des Zweitfruchtmaises wurde in den Welsch-Weidelgras-Varianten auf spätestens Ende September terminiert, um die Etablierung der Grasbestände zu gewährleisten. Für die Aussaat von Grünroggen und in der Monokultur wurden die Maisbestände je nach Abreife auch später geerntet.

Als wesentliche Erkenntnisse können festgehalten werden:

Abbildung 5: Temperaturanspruch von Mais, Grünroggen (Gro) und Welschem Weidelgras (WWGr) während der Vegetationszeit (Lindenhof, 2007 – 2009, Temperatursumme: Mais >6 °C, Winterzwischenfrüchte > 5°C Aussaat bis Ernte)



- Das Anbausystem mit der Winterzwischenfrucht Grünroggen war am produktivsten. Im Mittel der vier Jahre wurden 30 dt/ha TM mehr geerntet (+ 14 %) als in der Mais-Monokultur. Das System mit Welschem Weidelgras erreichte nur +8 %, was im Wesentlichen im stärkeren Ertragsrückgang des Maises nach Welschem Weidelgras begründet ist.
- Die Winterzwischenfrüchte reduzieren den Ertrag der Folgekultur Mais signifikant, wobei die Ertragsreduktion nach Welschem Weidelgras größer ist als nach Grünroggen.
- Der Feldaufgang nach den Zwischenfrüchten war deutlich schlechter als in der Monokultur, was auf den Wasserentzug der Zwischenfrüchte und besonders beim Welschen Weidelgras auf die schlechtere Bodenstruktur nach dem Umbruch zurückzuführen sein kann.
- Die Erträge des Maises können über die Temperatursummen (> 5 °C) beschrieben werden. Hierbei ist der Einfluss des Anbausystems größer als die Jahresschwankungen der Temperatur.
- Die Erträge des Grünroggens und des Welschen Weidelgrases waren sehr ähnlich. Im Mittel der vier Jahre wurden 61 dt TM/ha vom Grünroggen und 60 dt TM/ha vom Welschen Weidelgras geerntet. Es bestanden allerdings große Jahresunterschiede. Der Jahreseffekt korrelierte mit der Vegetationsdauer, die über die Temperatursumme (> 5 °C) abgebildet werden konnte.
- Die Winterzwischenfrüchte müssen bei der Ernte angewelkt werden, damit eine optimale Silierung erfolgen kann.
- Das Anbausystem mit den Winterzwischenfrüchten trägt zur Stabilisierung der Jahreserträge bei und damit auch zu einer stabileren Substratversorgung.
- Die Aussagen bezüglich der Kosten sind ähnlich wie bei der Beurteilung der Systeme für den Futterbau. Die kostengünstigste Alternative bleibt der Mais in Monokultur.

FAZIT

Die Ausführungen zum Anbau des Maises in Zweitfruchtstellung zeigen, dass durch den Einsatz von Winterzwischenfrüchten der Ertrag des Maises zwar um 10 bis 20 % reduziert wird, der Jahresertrag durch eine Kombination von Winterzwischenfrucht und Mais aber auch um 10 bis 20 % erhöht werden kann. Die Effekte sind sowohl im Futterbau mit der Kombination Ackergras plus Mais als auch im Energiepflanzenanbau mit der Einbeziehung von Grünroggen messbar. Die höheren Kosten der intensiveren Flächennutzung durch ein Zweifruchtssystem können meistens durch die höheren Erträge nicht aufgefangen werden. Vielfache pflanzenbauliche Vorzüge, die sich zum Teil erst langfristig einstellen, müssen jedoch bei der Bewertung der Anbausysteme mit berücksichtigt werden.

Prof. Dr. Rainer Wulfes
 Fachhochschule Kiel
 Fachbereich Agrarwirtschaft
 Tel.: 0 43 31-845-112
 rainer.wulfes@fh-kiel.de