

Einfluss von Winterzwischenfrüchten auf die Ertragsleistung von Mais- und Sorghumkulturen in Schleswig-Holstein

R. Wulfes, H. Ott, R. Hünerjäger

Fachhochschule Kiel, Fachbereich Agrarwirtschaft, Am Kamp 11, 24783 Osterrönfeld,
rainer.wulfes@fh-kiel.de

Einleitung und Problemstellung

Eine ökonomisch sinnvolle Biogasproduktion setzt die Auswahl effizienter Kulturpflanzen sowie geeignete Anbausysteme voraus, um auf der vorhandenen, knappen landwirtschaftlichen Nutzfläche eine sichere und effiziente Bereitstellung von Substraten zu gewährleisten. Auch in Schleswig-Holstein ist der Silomais eine sehr leistungsstarke und nährstoffeffiziente Kultur, die mit geringem Nährstoffinput sehr hohe TM- und Energieerträge liefern kann. In früheren Untersuchungen ist die Leistungsfähigkeit des Silomaises in Monokultur im Vergleich zu Fruchtfolgesystemen vor dem Hintergrund der Futterproduktion beschrieben worden (VOLKERS, 2005). Der Einfluss einer Winterzwischenfrucht mit Ackergras auf die Ertragsleistung des Silomaises und der gesamten Fruchtfolge findet sich bei WULFES UND OTT (2008). Für den Anbau von Sorghumhirse (*Sorghum bicolor L.*) als Alternative zum Silomais sind in den letzten Jahren standortspezifische Empfehlungen und Leistungsdaten erarbeitet worden (VETTER, 2009). Daten zur Leistungsfähigkeit von Sorghum unter schleswig-holsteinischen Bedingungen fehlen bisher.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die Leistungsfähigkeit von Sorghumhirsen (*Sorghum bicolor L.*) im Vergleich zum Silomais in unterschiedlichen Anbauformen unter den Klimabedingungen Schleswig-Holsteins zu prüfen, um Alternativen zur Maismonokultur bei der Substratbereitstellung zur Biogasproduktion bewerten zu können. Schwerpunkt der Untersuchung war der Einfluss unterschiedlicher Winterzwischenfrüchte auf die Ertragsleistung der Einzelkulturen und der Fruchtfolgen.

Wesentliche Versuchsfragen der Untersuchung:

- Wie sind Fruchtwechsellsysteme im Vergleich zum Standardsystem Maismonokultur zu bewerten?
- Wie ist die Ertragsfähigkeit von Sorghum als C₄-Alternative zum Silomais einzuschätzen?
- Wie beeinflussen Winterzwischenfrüchte die Ertragsleistung der Einzelkulturen Mais und Sorghum?
- Welchen Beitrag leisten Winterzwischenfrüchte zum Jahresgesamtertrag?

Material und Methoden

Im Rahmen des Kompetenzzentrums Biomassenutzung Schleswig-Holstein wurden in einem Feldversuch auf dem Standort Ostenfeld (IS, 45 Bodenpunkte) in den Jahren 2006 – 2010 Mais- und Sorghum-Monokulturen (jeweils 5 Sorten) mit dem Anbau von Mais und Sorghum im Wechsel mit Grünroggen oder Welschem Weidelgras als Winterzwischenfrucht verglichen. Somit liegen jetzt Leistungsdaten für die vierjährige Monokultur und den vierjährigen Fruchtwechsel vor (2007 – 2010). Der Gesamtversuch beinhaltete auch zweijährige Fruchtfolgen mit Mais bzw. Sorghum, Getreide-GPS und Ackergras sowie den Wechsel von Mais und Sorghum mit einer Winterzwischenfrucht Grünroggen. Die Ergebnisse hierzu sind bei WULFES *et al.* (2011) zu finden und gehen nicht in die vorliegende Untersuchung ein. Der Versuch wurde als randomisierte Spaltanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Die Versuchsfaktoren sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

Tab. 1: Versuchsfaktoren und Faktorstufen

Versuchsfaktor	Faktorstufen
1. Anbausystem	1.1 Monokultur
	1.2 Fruchtwechsel mit Winterzwischenfrucht
2. Hauptfrucht	2.1 Mais
	2.2 Sorghum
3. Zwischenfrucht	3.1 Grünroggen
	3.2 Welsches Weidelgras

Zur Aussaat kamen bei den Hauptkulturen jeweils 5 Sorten (Mais: Ronaldinio, Deco, Calvin, Aventura, Bredero; Sorghum: Sucrosorgo, Rona, Goliath, Bovital, Herkules), bei den Winterzwischenfrüchten jeweils nur eine Sorte (Grünroggen: Visello; Welsches Weidelgras:

Gisel). Die Bestandesdichte des Mais wurde auf 10 Pflanzen/m² eingestellt, die Aussaatstärke beim Sorghum betrug 23 keimfähige Körner/m². Welsches Weidelgras wurde mit 40 kg/ha ausgesät, Grünroggen mit 300 Körnern/m². Die Aussaatzeiten der Kulturen sind der Tabelle 2 zu entnehmen. Grünroggen und Welsches Weidelgras wurden zu Beginn des Ährenschiebens geerntet und dann umgebrochen.

Die N-Düngung erfolgte standorttypisch mit 150 kg N/ha (Mais und Sorghum) bzw. mit 120 kg N/ha (Welsches Weidelgras und Grünroggen). Der Mais wurde zu Beginn der Teigreife geerntet, in den Varianten mit einer Winterzwischenfrucht spätestens Mitte Oktober. Die Abreife des Sorghums war in allen Jahren nicht optimal, so dass sich die Ernte nach dem spätest möglichen Aussaattermin für die Zwischenfrüchte richtete (Tab. 2).

Tab. 2: Aussaat- und Erntezeiträume der Kulturen in den Jahren 2006 - 2010

Kultur	Aussaat	Ernte
Grünroggen	09.10. – 20.10.	12.05. – 21.05.
Welsches Weidelgras	09.10. – 20.10.	12.05. – 21.05.
Mais-Monokultur	18.04. – 22.04.	29.09. – 10.10.
Mais nach Wi-Zwfr.	15.05. – 25.05.	06.10. – 15.10.
Sorghum-Monokultur	19.05. – 25.05.	13.10. – 16.10.
Sorghum nach Wi-Zwfr.	19.05. – 25.05.	06.10. – 15.10.

Ausgewertet wurden die Trockenmasseerträge (TM) der Einzelkulturen und die Gesamtjahreserträge der Fruchtwechsellsysteme aus Hauptkultur und Zwischenfrucht. Zur Diskussion der Ergebnisse wird der Zusammenhang zwischen dem TM-Ertrag der Kulturen und der Temperatursumme über die Vegetationszeit bzw. der Durchschnittstemperatur von November bis April berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die varianzanalytische Verrechnung der Trockenmasseerträge ergab im Mittel über alle Anbausysteme keinen signifikanten Jahreseffekt für den Gesamtjahresertrag der Fruchtfolgen, allerdings Unterschiede in der Ertragsleistung der Einzelkulturen in den jeweiligen Anbausystemen. Die Kombination der Einzelkulturen führt im Laufe der Jahre offensichtlich zu einem stabileren Gesamtjahresertrag.

Ergebnisse zum Gesamtjahresertrag

Alle Hauptfaktoren hatten einen signifikanten Einfluss auf den TM-Ertrag der Fruchtfolgen (Tab. 3). Im Mittel der jeweils verbleibenden Faktoren übertrafen das Fruchtwechselfsystem die Monokultur, der Mais den Sorghum und die Systeme mit dem Grünroggen als Winterzwischenfrucht die Systeme mit Welschem Weidelgras.

Tab. 3: Einfluss der Hauptfaktoren auf die TM-Erträge der Fruchtfolgen (Mittel der jeweils anderen Faktoren, 4 Jahre, Hauptfrucht je 5 Sorten, 4 Wdh)

Versuchsfaktor	Faktorstufe	TM-Ertrag (dt TM/ha/Jahr)	TM-Ertrag (rel.)
1. Anbausystem	1.1 Monokultur	156,2 ^b	100
	1.2 Fruchtwechsel mit Wi-Zwfr.	190,6 ^a	122
	GD _{0,05}	7,9 ^{***}	
2. Hauptfrucht	2.1 Mais	209,6 ^a	100
	2.2 Sorghum	148,7 ^b	71
	GD _{0,05}	7,9 ^{***}	
3. Zwischenfrucht	3.1 Grünroggen	196,1 ^a	100
	3.2 Welsches Weidelgras	185,2 ^b	94
	GD _{0,05}	4,3 ^{**}	

Die Wechselwirkung zwischen den Faktoren war signifikant. Die Ertragsdifferenz der Monokultur zum Anbau mit einer Winterzwischenfrucht ist beim Mais geringer ausgeprägt als beim Sorghum (Abb. 1).

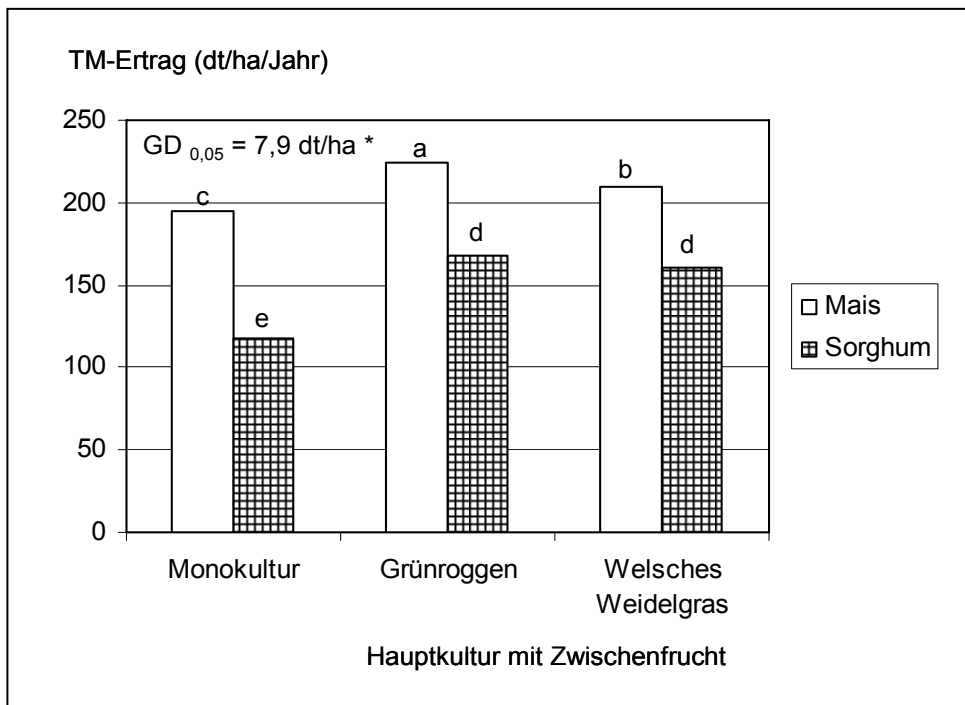


Abb. 1: Einfluss der Hauptkultur Mais oder Sorghum auf die Ertragsleistung in Monokultur und mit einer Winterzwischenfrucht (Mittel 4 Jahre, Hauptfrucht je 5 Sorten, 4 Wdh)

Weiterhin führt die Winterzwischenfrucht Grünroggen im Fruchtwechsel mit Mais zu gesichert höheren Erträgen als die Kombination Mais + Welsches Weidelgras. Beim Sorghum waren keine Unterschiede hinsichtlich der Art der Winterzwischenfrucht abzusichern. Sorghum in Monokultur erreicht nur 61 % des Maisertrages in Monokultur. Die beste Winterzwischenfrucht vor dem Sorghumanbau, der Grünroggen, steigert den Ertrag auf relativ 86 % einer Mais-Monokultur.

Ergebnisse zur Ertragsleistung der Einzelkulturen

Die Winterzwischenfrüchte reduzieren den Ertrag der Folgekultur Mais oder Sorghum signifikant (Tab. 4), wobei die Ertragsreduktion nach Welschem Weidelgras größer ist als nach Grünroggen. Der Ertragsrückgang ist beim Mais (rel. 17 – 24 %) stärker ausgeprägt als beim Sorghum (rel. 9 – 18 %), die Aussaatzeit war allerdings auch ca. 4 Wochen später und damit auch die Vegetationszeit um 4 Wochen kürzer. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen WULFES UND OTT (2008). Aber auch der Sorghum reagiert negativ auf die Winterzwischenfrucht, obwohl hier die Aussaatzeiten gleich waren. 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. Dies zeigte sich auch beim Mais. Der Jahreseinfluss auf die TM-Erträge war besonders beim Sorghum

ausgeprägt. Hier waren alle Jahre gesichert unterschiedlich im Ertrag, während beim Mais nur das Jahr 2009 durch deutlich höhere Erträge herausstach.

Tab. 4: Einfluss einer Winterzwischenfrucht auf den TM-Ertrag von Mais und Sorghum (Mittel 4 Jahre, Hauptkultur je 5 Sorten, 4 Wdh)

	Mais		Sorghum	
	dt TM/ha	rel.	dt TM/ha	rel.
Monokultur	194,37 ^a	100	111,17 ^a	100
nach Grünroggen	161,48 ^b	83	101,68 ^{ab}	91
nach Welschem Weidelgras	146,84 ^c	76	91,69 ^b	82
GD 0,05	9,1		10,1	

Der Effekt der unterschiedlich langen Vegetationszeiten in Abhängigkeit vom Anbausystem und vom Jahr auf den TM-Ertrag wurde beim Mais und Sorghum über Regressionsgleichungen mit der Temperatursumme $>6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (x) von Aussaat bis Ernte abgebildet.

Mais: TM-Ertrag (dt/ha) = $0,2062x - 142,39$; $r^2 = 0,81^{***}$

Sorghum: TM-Ertrag = $0,1839x - 169,69$; $r^2 = 0,62^{***}$

Die Erträge des Grünroggens und des Welschen Weidelgrases waren sehr ähnlich und nicht gesichert von der Hauptfrucht Mais oder Sorghum beeinflusst. Im Mittel der 4 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 den Durchschnittstemperaturen der Monate November – April ($^{\circ}\text{C}$; x):

TM-Ertrag (dt/ha) = $12,19x + 5,39$; $r^2 = 0,97^{***}$

Schlussfolgerungen

Mittlerweile vierjährige Ergebnisse aus den Jahren 2007 - 2010 lassen erkennen, dass Sorghum unter schleswig-holsteinischen Bedingungen eine Ertragsleistung von ca. 60 % (in Monokultur) bis 85 % (mit Winterzwischenfrucht) des Silomaises in Monokultur aufweist mit deutlich größeren Jahresschwankungen im Vergleich zum Mais, wobei Winterzwischenfrüchte zur Ertragsstabilisierung beitragen. Somit ist Sorghum noch keine Alternative zum Silomaisanbau, zumal auch der Maisanbau von einer Winterzwischenfrucht

profitiert. Hier liegt die Gesamtleistung der Fruchtfolge ca. 15 % über der Maismonokultur, allerdings bei einer Ertragsreduktion des Maises von ca. 20 %. Die Substratversorgung zur Biogasproduktion wird insgesamt stabilisiert durch den Einsatz unterschiedlicher Kulturen bzw. Fruchtwechsellsysteme.

Literatur

- VOLKERS, K. (2005) Auswirkungen einer variierten Stickstoffintensität auf Leistung und Stickstoffbilanz von Silomais in Monokultur sowie einer Ackerfutterbaufruchtfolge auf sandigen Böden Norddeutschlands. *Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, CAU Kiel* 40.
- WULFES, R. und OTT, H. (2008): Performance of silage maize in forage crop rotation systems. In: Hopkins, A., Gustafsson, T., Bertilsson, J., Dalin, G., Nilsdotter-Linde, N. & Spörndly, E. (eds.): Biodiversity and Animal Feed. *Grassland Science in Europe* 13, 353-355.
- WULFES, R., OTT, H. & HÜNERJÄGER, R. (2011): Leistungsfähigkeit von Energiepflanzenanbausystemen mit Mais und Sorghum in Schleswig-Holstein. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 23 (im Druck).
- VETTER, A. (2009): Anbausysteme für Energiepflanzen. In: Vetter, A., Heiermann, M. & Toews, T. (Hrsg.): *Anbausysteme für Energiepflanzen*. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main, 109-192.