

## Unkrautkonkurrenz und Biomassebildung von Mais und Sorghum bei unterschiedlicher Herbizidintensität

*Weed competition and biomass production of maize and sorghum under different herbicide intensity level*

Hans-Peter Söchting\* & Peter Zwinger

Julius Kühn-Institut (JKI), Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Messeweg 11/12, D-38104 Braunschweig

\*Korrespondierender Autor, [hans-peter.soechting@jki.bund.de](mailto:hans-peter.soechting@jki.bund.de)

DOI: 10.5073/jka.2012.434.040

### Zusammenfassung

Die Biogaserzeugung gewinnt immer noch an Bedeutung wobei dem Mais als Energiepflanze der höchste Stellenwert beizumessen ist. Da die Zunahme des Maisanbaues nicht nur positiv zu sehen ist, stellt sich die Frage, wie dabei eine größere Umweltverträglichkeit erreicht werden kann und bis zu welchem Grad eine Verunkrautung von Flächen, die zur Biogaserzeugung verwendet werden sollen, tolerabel ist, da ja auch das Unkraut zur Biomasseproduktion beiträgt und die Biodiversität durch größere Artenvielfalt erhöht werden könnte.

Unter diesen Aspekten wurden auf Versuchsfeldern des JKI in der Nähe von Braunschweig in den Jahren 2008 bis 2010 drei Mais- und zwei Sorghumsorten (*Sorghum bicolor* und *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) in praxisüblicher Aussaatstärke in vier Wiederholungen ausgesät. Nachdem die Sorghumpflanzen das Entwicklungsstadium BBCH 13-14 erreicht hatten, erfolgte eine variierte Herbizidanwendung. Dabei wurde das Herbizid Gardo Gold (Terbuthylazin 187,5 g/l + S-Metolachlor 312,5 g/l) mit der vollen (4 l/ha) oder halben (2 l/ha) zugelassenen Aufwandmenge appliziert. Eine dritte Variante blieb unbehandelt. Ziel des Versuches war es, Unterschiede bei der Entwicklung der Verunkrautung und der Biomassebildung der Kulturarten zu ermitteln. Unkrautarten und Unkrautdeckungsgrad wurden zu mehreren Terminen bestimmt. Zum Abschluss wurde die Trockenmasse/m<sup>2</sup> von Kulturpflanzen und Unkraut ermittelt.

Die Ergebnisse der drei Versuchsjahre ergaben für die Maissorten immer einen höheren Biomasseertrag als für Sorghum (nicht immer signifikant).

Hinsichtlich der Auswirkung der Herbizidbehandlungen auf den Biomasseertrag zeigte sich durchweg eine Abstufung zwischen den Varianten wobei sich mit der hohen Herbizidaufwandmenge von 4 l/ha Gardo Gold in 2008 und 2009 bis auf eine Ausnahme der höchste Kulturpflanzenbiomasseertrag erzielen ließ. In Versuchsjahr 2010 waren die Ergebnisse wesentlich komplexer und die höchsten Biomasseerträge wurden nicht zwangsläufig in den Varianten mit der hohen Herbizidaufwandmenge erzielt.

**Stichwörter:** Biodiversität, Energiepflanzen, Ertrag, Unkrautdeckungsgrad

### Summary

The production of biogas still gains importance with maize being the most important crop for bioenergy production. However, the increasing area planted with maize has been considered as not being only beneficial. The question therefore arises whether the growing cultivation of maize can be conducted in a more environmentally sustainable way and to which degree a certain level of weed infestation can be tolerated in fields used for biomass production. As weeds may also contribute to the amount of biomass produced on a field and increase the in-field biodiversity, a certain weed infestation in maize for biogas production might be tolerable.

Under these aspects, a field trial was conducted on the experimental fields of the JKI near Braunschweig between 2008 and 2010. Three maize cultivars and two sorghum cultivars (*Sorghum bicolor* and *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) were sown at normal seeding densities with four replicates. At growth stage BBCH 13-14 of the sorghum-plants, the herbicide Gardo Gold (terbuthylazin 187,5 g/l + S-metolachlor 312,5 g/l) was applied at the registered dose (4 l/ha) or half-dose (2 l/ha). An untreated plot without any herbicide application was included.

The aim of the experiment was to investigate differences in the development of the weed infestation level and the biomass yields of the crops. Assessments of the weed species and weed coverage were carried out at several times during the growing season.

At the end of the experiment, the dry matter/m<sup>2</sup> of the crops and weeds were determined. The results of the

three years showed a higher biomass yield for the maize cultivars compared with the sorghum cultivars (not always significant).

Regarding the effect of the herbicide application on the biomass yields, a clear difference between the variants was observed only in 2008 and 2009 with the highest yield under the registered application rate of 4 l/ha Gardo Gold (one exception). In 2009 and 2010, the results were more complex and the maximum biomass yield was not necessarily reached in the variants with the highest herbicide rate.

**Keywords:** Biodiversity, energy crops, weed coverage, yield

## 1. Einleitung

Entsprechend den Zielen des Nationalen Biomasseaktionsplans ist in Deutschland eine deutliche Steigerung des Bioenergieanteils an der Energieversorgung unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien angestrebt (BMVEL und BMU, 2009). Bereits 2009 wurde auf einer Fläche von mehr als 240.000 ha Energiemais angebaut (DEUTSCHES MAISKOMITEE, 2009). Mais bietet sich als Energiepflanze durch eine hohe Energie-, Nährstoff- und Wassernutzungseffizienz sowie geringe Fruchtfolgerestriktionen und einen hohen Mechanisierungsgrad an. Allerdings sind mit dem zunehmenden Maisanbau auch Probleme wie gesteigerte Erosionsschäden, Nitratauswaschung und geringere Biodiversität verbunden. Neben Mais ist auch Hirse bzw. Sorghum in den Fokus potentieller Pflanzen, die zur Biomasseerzeugung genutzt werden, gerückt. Sowohl bei Mais als auch bei Sorghum wird der Unkrautbekämpfung große Bedeutung beigemessen. Inwieweit eine Reduktion der Unkrautbekämpfung möglich ist bzw. Unkräuter zur Biomasseproduktion beitragen, wurde in einem dreijährigen Feldversuch untersucht.

## 2. Material und Methoden

Die Versuchsanlage mit den Kulturarten Mais und Sorghum befand sich auf Flächen des Versuchsbetriebs des Julius Kühn-Instituts in der Nähe von Braunschweig. Das Versuchsdesign, eine randomisierte Streifenanlage mit vier Wiederholungen, war in den Versuchsjahren 2008 bis 2010 identisch. Die dabei verwendeten Mais- und Sorghum-Sorten werden in Tabelle 1 und 2 näher beschrieben:

**Tab. 1** Beschreibung der Maissorten (Bundessortenliste 2011).

**Tab. 1** *Characteristics of the maize cultivars (Bundessortenliste 2011).*

Sorten	Jahr der Zulassung	Reife-gruppe	Silo-Reifezahl	Abreifegrad Blatt*	Gesamt Trockenmasse*
DK 2960	2006	m	S 250	4	6
NK Magitop	2006	m	S 240	-	-
Subito	2006	s	S 260	5	7

\*Die Ausprägung der Eigenschaften wird in der Bundessortenliste mit den Noten 1 – 9 ausgedrückt. Dabei bedeuten niedrige Noten eine geringe und hohe Noten eine starke Ausprägung der betreffenden Eigenschaft.

**Tab. 2** Beschreibung der Sorghumsorten (entsprechend der Unterlagen der Vertriebsfirmen).

**Tab. 2** *Characteristics of the sorghum cultivars (according to information of the trading companies).*

Sorte	Art	Verwendung/Beschreibung	Anbau	Ernte
Susu	<i>Sorghum bicolor</i> x <i>Sorghum sudanense</i>	Auch als Zweitfrucht (Anbau bis Ende Juni); Biogasanlagen	Drillsaat; Mitte Mai bis Ende Juni; Bodentemp. mind 16 °C	Mitte Sept. – Anfang Okt.
Sucrosurgo 506	<i>Sorghum bicolor</i>	Massige hochwüchsige Sorte mit hohem Frischmassegehalt; Wuchshöhe 3-4 m; Silagenutzung; Sehr gute Standfähigkeit; Abreife spät	Einzelkornsaat; Ab Mitte Mai Bodentemp. mind 16 °C; Saattiefe 3-4 cm; Saatmenge 25-30 Körner; Reihenweite 25 -70 cm	Anfang Okt.; Milch-Teigreife; TS-Gehalt 27-30%

Die Maissorten wurden mit 10, *Sorghum bicolor* mit 25 und *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* mit 40 Körnern/m<sup>2</sup> ausgesät. Die Parzellengröße betrug 6 x 20 m was die Nutzung von praxisüblichen Maschinen ermöglichte. Die Sorghum-Arten wurden mit einer Drillkombination mit einem Reihenabstand von 24 cm, der Mais mit einer pneumatischen Einzelkornmaschine gesät. Die Parzellen grenzten unmittelbar aneinander, so dass sich insgesamt ein praxisnaher Kulturpflanzenbestand ausbilden konnte. Die Düngung erfolgte mit 180 kg/ha N in zwei Gaben. Abgesehen von den unterschiedlichen Sorten war der Herbizideinsatz der zweite Versuchsfaktor. Drei Varianten, 4 l/ha Gardo Gold (Terbutylazin 187,5 g/l + S-Metolachlor 312,5 g/l), 2 l/ha Gardo Gold und eine unbehandelte Kontrolle, wurden verglichen. Die Herbizidapplikationen, mit einer praxisüblichen Pflanzenschutzmittelspritze, erfolgten im Entwicklungsstadium BBCH 13-14 der Sorghum-Pflanzen, da eine frühere Behandlung aus Gründen der Selektivität nicht möglich war. Vor der Applikation, dann zwei und vier Wochen nach der Applikation sowie zur Ernte erfolgte eine Unkrautbonitur der Bestände (fünf Zählstellen/Parzelle, Göttinger Zählrahmen), dabei wurde die Anzahl der Unkräuter nach Arten differenziert und der Deckungsgrad bestimmt. Weiterhin wurden das BBCH-Stadium der Kulturpflanzen und die Pflanzenlänge erfasst. Zur Ernte wurden flächenbezogen die Trockenmasse/m<sup>2</sup> von Kulturpflanzen und Unkraut bestimmt. Dazu wurden aus jeder Parzelle an zwei Stellen 2 x 2 m<sup>2</sup> getrennt nach Kultur und Unkraut per Hand geerntet. Die beiden Proben wurden als Einzelproben behandelt und nicht vermischt (zusätzliche Wiederholung). Das Erntegut wurde gewogen und die Kulturpflanzen mit einem umgebauten Maishäcksler zerkleinert. Aus dem Häckselgut wurden zwei repräsentative Proben gezogen für die später die Trockenmasse ermittelt wurde. Beim Unkraut wurde die komplette Probe getrocknet. Nach einer varianzanalytischen Verrechnung der Kulturpflanzen- und Unkrauterträge erfolgte ein multipler Mittelwertvergleich durch einen Tukey-Test. Die Irrtumswahrscheinlichkeit betrug  $\alpha = 0,05$ . Die Trockenmassegehalte von Mais und Sorghum zur Ernte (unbehandelte Kontrollen) sind in Tabelle 3 dargestellt.

**Tab. 3** Trockenmassegehalt (%) von Mais und Sorghum zur Ernte (unbehandelte Kontrolle).

**Tab. 3** *Drymatter (%) of maize and sorghum at harvest (untreated control).*

	Mais			Sorghum	
	DK 2960	Magitop	Subito	Susu	Sucrosurgo 506
2008	28,4	27,5	26,5	28,9	24,0
2009	35,9	33,1	34,1	30,3	24,9
2010	31,6	31,1	31,8	29,6	22,9

In Tabelle 4 werden Angaben zu Versuchsstandorten und Versuchsdurchführung gemacht.

**Tab. 4** Standortbeschreibung und Versuchsdurchführung.

**Tab. 4** *Description of trial sites and experimental protocol.*

Versuchsort Bodenart	2008	2009	2010
	Sicke Lehm	Sicke Lehm	Lucklum Lehm
Niederschlag im Versuchszeitraum (Aussaat bis Ernte)	257,2 mm	264 mm	406,5 mm
Durchschnittliche Temperatur im Versuchszeitraum	18,23 °C	18,04 °C	16,75 °C
Aussaat	28.04.	04.05.	11.05.
Herbizid-Applikation	27.05.	19.05.	08.06.
Ernte	15.09.	24.09.	06.10.
BBCH Sorghum zur Herbizid- Applikation	13-14	13-14	13-14
Bonituren	27.05.	18.05.	03.06.
	11.06.	05.06.	12.06.
	20.06.	15.07.	23.06.
	13.09.	20.09.	30.09.

### 3. Ergebnisse

Die Verunkrautung der Flächen in den drei Versuchsjahren wird in den Tabellen 5 und 6 beschrieben. Es geht daraus hervor, dass sowohl der Unkrautdeckungsgrad als auch die Unkrautarten in den drei Versuchsjahren erheblich variierten. Im ersten Versuchsjahr dominierten die Arten *Polygonum lapathifolium* (POLLA), *Mercurialis annua* (MERAN), *Chenopodium album* (CHEAL) und *Polygonum convolvulus* (POLCO) wobei sehr hohe Unkrautzahlen von durchschnittlich über 400 Pflanzen/m<sup>2</sup> gezählt wurden. Im zweiten Versuchsjahr war der Unkrautbesatz deutlich geringer wobei als Besonderheit der drei Versuchsjahre angemerkt werden muss, dass *Alopecurus myosuroides* (ALOMY) die dominierende Unkrautart war. Gegenüber dieser einkeimblättrigen Art besitzt das Herbizid Gardo Gold keine Wirkung, so dass die Art durch die Herbizidmaßnahmen nicht eliminiert wurde. Um dennoch unkrautfreie Parzellen für die Versuchsauswertung zu erhalten, wurde die Herbizidvariante mit 4 l/ha Gardo Gold per Hand von *Alopecurus myosuroides* befreit. Weitere Leitunkräuter im zweiten Versuchsjahr waren *Mercurialis annua*, *Veronica* spp. (VERSS), *Chenopodium album* und *Amaranthus retroflexus* (AMARE). Im dritten Versuchsjahr, mit den insgesamt geringsten Unkrautdeckungsgraden, waren nur *Mercurialis annua* (MERAN) und *Viola arvensis* (VIOAR) von Bedeutung die im Mittel über alle Parzellen 87 % aller gezählten Unkräuter ausmachten. In allen drei Versuchsjahren war die Unkrautverteilung in den Parzellen relativ ungleichmäßig (Tab. 5). Die dominanten Unkrautarten gehören mit Stetigkeiten von 3,9 % (*Mercurialis annua*) bis 79,7 % (*Chenopodium*-Arten) zu den häufig bis sehr häufig vorkommenden Unkrautarten in Mais (MEHRTENS, 2005).

**Tab. 5** Unkrautdichte (Pflanzen/m<sup>2</sup>, Mittelwert über alle Parzellen vor der Herbizidapplikation).

**Tab. 5** *Weed densities (plants/m<sup>2</sup>; mean of all plots before herbicide application).*

Jahr	Anzahl Unkräuter	Standardabweichung	Leitverunkrautung
2008	444,3	194	POLLA, MERAN, CHEAL, POLCO
2009	50,8	24,3	ALOMY, MERAN, VERSS, CHEAL, AMARE
2010	79,3	30,4	MERAN, VIOAR

Aus den Unkrautzahlen/m<sup>2</sup> und den verschiedenen Herbizidintensitäten resultierten die in Tabelle 6 aufgeführten Deckungsgrade kurz vor der Ernte. In der unbehandelten Kontrolle als Maßstab zeigten sich die drei Versuchsjahre sehr variabel. 2008 wurde ein Deckungsgrad von durchweg 100 %, 2009 zwischen 81 und 96 % und 2010 zwischen 41 und 66 % ermittelt. Hervorzuheben sind die hohen Deckungsgrade in der Variante mit 2 l/ha Gardo Gold in 2009, was auf den nicht bekämpften Acker-Fuchsschwanz zurückzuführen ist. In der Variante mit 4 l/ha Gardo Gold wurde dieser wie oben bereits beschrieben per Hand entfernt.

**Tab. 6** Unkrautdeckungsgrad (%) zur Ernte (in Klammern Standardabweichung).

**Tab. 6** *Weed coverage (%) at harvest (standard deviation in brackets).*

	Mais/DK			Sorghum/Sucrosurgo	
	2960	Mais/Magitop	Mais/Subito	Sorghum/Susu	506
<b>2008</b>					
Unbehandelt	100 (0)	100 (0)	100 (0)	100 (0)	100 (0)
2 l/ha Gardo Gold	12 (6,2)	12 (10,1)	10 (4,2)	21 (13,8)	25 (9,1)
4 l/ha Gardo Gold	3 (4,7)	2 (2,2)	0 (0,5)	1 (0,8)	1 (1,3)
<b>2009</b>					
Unbehandelt	88 (9,6)	85 (12,9)	81 (20,9)	93 (9,6)	96 (4,8)
2 l/ha Gardo Gold	73 (35)	78 (35,5)	75 (36,9)	93 (9,5)	76 (48,5)
4 l/ha Gardo Gold	0,5 (1,0)	2 (2,5)	3 (2,4)	3 (2,8)	4 (2,1)
<b>2010</b>					
Unbehandelt	43 (7,5)	55 (4,9)	66 (21,6)	41 (12,7)	50 (23,1)
2 l/ha Gardo Gold	4 (3,8)	4 (2,7)	15 (19,1)	3 (3,2)	5 (5,4)
4 l/ha Gardo Gold	1 (1,1)	2 (1,8)	2 (3,7)	1 (1,5)	2 (0,8)

In Tabelle 7 werden die Ertragsdaten der drei Versuchsjahre zusammenfassend dargestellt. Legt man die Varianten mit 4 l/ha Gardo Gold zugrunde, zeigte sich in allen drei Versuchsjahren eine z. T. deutliche Ertragsüberlegenheit der Maissorten gegenüber den beiden Sorghumsorten. Von diesen beiden erzielte Sucrosurgo 506 in 2008 und 2010 höhere Trockenmasseerträge als Susu. In 2009 lagen die Erträge bei Susu etwas höher als bei Sucrosurgo 506. Bei den Maissorten waren die von den Vertriebsfirmen als Energiemaissorten beworbenen Sorten Subito und Magitop der Sorte DK 2960 etwas überlegen.

**Tab. 7** Kulturpflanzen und Unkrauterträge (Trockenmasse dt/ha); Mittelwert der vier Wiederholungen\*.

**Tab. 7** Dry matter yield of crops and weeds (dt/ha); mean of the four replicates.

	Kulturpflanze Trockenmasse dt/ha			Unkraut Trockenmasse dt/ha		
	Kontrolle	Gardo Gold 2 l/ha	Gardo Gold 4 l/ha	Kontrolle	Gardo Gold 2 l/ha	Gardo Gold 4 l/ha
<b>2008</b>						
Mais/DK 2960	105,6 <sup>a</sup>	212,2 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	210,8 <sup>ac</sup> <sub>b</sub>	30,4 <sup>a</sup>	2,5 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	0,5 <sup>a</sup> <sub>b</sub>
Mais/Magitop	84,6 <sup>a</sup>	199,4 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	233,7 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	35,1 <sup>a</sup>	9,7 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	0,8 <sup>a</sup> <sub>b</sub>
Mais/Subito	134,5 <sup>a</sup>	227,4 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	242,3 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	25,0 <sup>a</sup>	3,9 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	0,1 <sup>a</sup> <sub>b</sub>
Sorghum/Susu	24,3 <sup>b</sup> <sub>a</sub>	120,7 <sup>b</sup> <sub>b</sub>	150,6 <sup>b</sup> <sub>b</sub>	41,7 <sup>a</sup>	8,8 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	0,0 <sup>a</sup> <sub>b</sub>
Sorghum/Sucrosurgo	48,1 <sup>b</sup> <sub>a</sub>	134,6 <sup>b</sup> <sub>b</sub>	170,5 <sup>bc</sup> <sub>b</sub>	33,1 <sup>a</sup>	7,5 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	0,0 <sup>a</sup> <sub>b</sub>
<b>2009</b>						
	Kontrolle	Gardo Gold 2 l/ha	Gardo Gold 4 l/ha	Kontrolle	Gardo Gold 2 l/ha	Gardo Gold 4 l/ha
Mais/DK 2960	113,9 <sup>a</sup>	143,8 <sup>a</sup>	206,8 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	26,8 <sup>a</sup>	10,2 <sup>a</sup> <sub>ab</sub>	1,0 <sup>a</sup> <sub>b</sub>
Mais/Magitop	127,0 <sup>a</sup>	122,7 <sup>a</sup>	233,7 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	30,6 <sup>a</sup>	20,4 <sup>a</sup>	0,8 <sup>a</sup> <sub>b</sub>
Mais/Subito	155,6 <sup>a</sup>	165,4 <sup>a</sup>	199,8 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	20,0 <sup>a</sup>	15,9 <sup>a</sup> <sub>ab</sub>	0,7 <sup>a</sup> <sub>b</sub>
Sorghum/Susu	66,3 <sup>a</sup>	66,8 <sup>a</sup>	139,1 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	23,4 <sup>a</sup>	13,5 <sup>a</sup> <sub>ab</sub>	1,4 <sup>a</sup> <sub>b</sub>
Sorghum/Sucrosurgo	52,0 <sup>a</sup>	52,6 <sup>a</sup>	97,7 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	38,7 <sup>a</sup>	11,5 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	0,3 <sup>a</sup> <sub>b</sub>
<b>2010</b>						
	Kontrolle	Gardo Gold 2 l/ha	Gardo Gold 4 l/ha	Kontrolle	Gardo Gold 2 l/ha	Gardo Gold 4 l/ha
Mais/DK 2960	156,6 <sup>ab</sup>	185,6 <sup>b</sup> <sub>a</sub>	161,2 <sup>ab</sup> <sub>a</sub>	7,0 <sup>a</sup>	1,3 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	0,4 <sup>a</sup> <sub>b</sub>
Mais/Magitop	171,8 <sup>b</sup> <sub>a</sub>	186,9 <sup>b</sup> <sub>a</sub>	206,9 <sup>b</sup> <sub>a</sub>	6,4 <sup>a</sup>	0,8 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	0,4 <sup>a</sup> <sub>b</sub>
Mais/Subito	156,5 <sup>ab</sup> <sub>a</sub>	186,6 <sup>b</sup> <sub>a</sub>	178,4 <sup>ab</sup> <sub>a</sub>	6,6 <sup>a</sup>	0,9 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	0,2 <sup>a</sup> <sub>b</sub>
Sorghum/Susu	122,0 <sup>a</sup>	137,9 <sup>a</sup>	135,9 <sup>a</sup>	4,7 <sup>ab</sup>	0,4 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	0,3 <sup>a</sup> <sub>b</sub>
Sorghum/Sucrosurgo	140,1 <sup>ab</sup>	136,9 <sup>a</sup>	153,4 <sup>a</sup>	2,4 <sup>b</sup> <sub>a</sub>	0,2 <sup>a</sup>	0,1 <sup>a</sup> <sub>a</sub>

\*Nicht signifikant voneinander verschiedene Mittelwerte erhalten den gleichen Buchstaben für den Vergleich in den Spalten oben links und für den Vergleich der Zeilen unten rechts neben dem Mittelwert der Faktorstufen-Kombination.

Die Ertragsverluste durch Unkrautkonkurrenz zeigten sich zwischen den Herbizidvarianten (4 l/ha) und unbehandelten Kontrollen im Jahr 2008 sehr ausgeprägt, als zwischen 105,2 und 149,1 dt/ha Differenz auftraten. 2010 lagen die Ertragsverluste dagegen nur zwischen 4,6 und 35,1 dt/ha Trockenmasse. Bei den deutlichen Mehrerträgen in den 4 l/ha Gardo Gold Varianten in 2009 muss berücksichtigt werden, dass *Alopecurus myosuroides* per Hand aus den Ernteparzellen entfernt wurde.

In den Jahren mit starker Verunkrautung (2008 und 2009) und mit Unkrauttrockenmassen zwischen 20 und 41,7 dt/ha in den Kontrollen reichte die Biomasse der Unkrautpflanzen nicht aus, um den Ertragsverlust der Kulturpflanzen auszugleichen. Es zeigten sich deutliche Ertragsverluste hinsichtlich der Gesamtbiomasse gegenüber den behandelten Varianten. Im Jahr 2010 mit insgesamt geringerem Unkrautaufreten (2,4 bis 7 dt/ha Unkrauttrockenmasse) und konkurrenzkräftigen Kulturpflanzenbeständen waren durch eine Herbizidbehandlung nur geringe bzw. keine Mehrerträge zu erzielen.

#### 4. Diskussion

Zur Erzeugung von Biogas werden mittlerweile auch diverse Wildpflanzen als Alternative zum Mais

getestet (VOLLRATH und KUHN, 2010). Ob Unkraut in einem Mais- oder Sorghumbestand zur Biomasseproduktion beitragen bzw. die Gesamtbiomasseproduktion/ha erhöhen kann oder ob durch die Unkrautkonkurrenz nur Ertragsverluste hervorgerufen werden, wurde bisher seltener überprüft. Untersuchungen in der Steiermark (MAYER, 2006) zur Unkrautkonkurrenz von Sorghum zeigten bei der Sorte Goliath ohne Unkrautbekämpfung 35 % Ertragsausfall. Die Verunkrautung konnte die fehlende Biomasseproduktion der Kulturpflanzen nicht ausgleichen, da die Unkräuter und -gräser vorzeitig ihre Biomasseproduktion einstellen und in der Jugendphase wettbewerbsfähiger sind, so dass Nährstoffe und Wasser für die Kulturpflanze fehlen. Gleiches lässt sich zumindest für die Versuchsjahre 2008 und 2009 für den oben beschriebenen Versuch festhalten. In 2008 wurden bei Sorghum Biomasseverluste bis 84 % und bei Mais bis 64 % ermittelt. In 2009 waren die Verluste mit maximal 52 % bei Sorghum und 41 % bei Mais ebenfalls erheblich. Die Biomasse der Unkrautpflanzen war in keinem Fall in der Lage, den Trockenmasseverlust der Kulturpflanzen, der durch Unkrautkonkurrenz entstanden war, auszugleichen. In 2010 bei etwas niedrigeren Unkrautdeckungsgraden zur Ernte als in den beiden Vorjahren war in einigen Varianten auch ohne Herbizideinsatz ein adäquater Kulturpflanzenertrag wie in den behandelten Varianten zu erzielen, wobei die maximalen Ertragsverluste bei Sorghum 12 % und bei Mais 18 % betragen. In 2010 waren die Biomasseerträge der Unkräuter insgesamt deutlich niedriger als in den beiden Vorjahren. Mit der Anzahl Unkräuter/m<sup>2</sup> lässt sich dieses nicht erklären, da die Unkrautdicke 2010 sogar höher lag als 2009. Entscheidend dafür dürften das Unkrautartenspektrum (Leitunkräuter VIOAR und MERAN) und Witterungsparameter gewesen sein. So konnten vermutlich die höheren Niederschläge in der Wachstumsperiode 2010 die Konkurrenz um Nährstoffe und Wasser zwischen Kulturpflanze und Unkraut deutlich verringern, so dass nur geringe Ertragsunterschiede zwischen den Herbizidvarianten auftraten. Zusammenfassend lässt sich aus den Ergebnissen der drei Versuchsjahre festhalten, dass Unkraut zwar zur Biomasseproduktion beitragen kann. In Jahren mit starker Unkrautkonkurrenz (2008 und 2009) aber kein Ausgleich der Biomasse durch die Unkräuter möglich war und in Jahren mit geringerem Unkrautdruck (2010) reichten die Kulturpflanzenerträge der unbehandelten Kontrollen auch ohne Unkrautbiomasse an die behandelten Varianten heran. Die Unkrautbekämpfung ist also auch bei der Erzeugung von Biomasse durch Mais oder Sorghum nicht zu vernachlässigen und ein Ausgleich der fehlenden Kulturpflanzenbiomasse durch Unkrautkonkurrenz kann durch die Unkrautbiomasse nicht erwartet werden. Dies gilt zumindest für die in den Versuchen aufgetretenen Unkrautarten. Nimmt man das Versuchsjahr 2009 aus, in dem die Varianten mit der halben zugelassenen Gardo Gold-Aufwandmenge aufgrund des hohen Acker-Fuchsschwanzbesatzes als Kontrollen gesehen werden müssen, ließen sich in 2008 und 2010 in dieser Variante ansatzweise die gleichen Erträge erzielen wie den 4 l/ha Gardo Gold Varianten, auch wenn der Unkrautdeckungsgrad gegenüber den Varianten mit voller Aufwandmenge etwas erhöht war. Eine Herbizidreduktion ist somit nicht zwangsläufig aber im Einzelfall sicherlich möglich, ohne Biomasseertrag einzubüßen. Aufgrund der erzielten Versuchsergebnisse gilt diese Aussage sowohl für den Mais, als auch für die Sorghum-Arten. Andere Autoren (GEHRING et al. 2006) und (SCHRÖDER et al., 2007) stellen fest, dass eine Reduzierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes in Mais in Form einer pauschalen Aufwandmengenreduzierung ohne Kenntnis der konkreten Unkrautsituation und ohne Kenntnis der Wirkungsschwäche von Tankmischungen nicht sinnvoll sein kann. Diese Aussage kann nur zugestimmt werden.

Während von einigen Autoren beschrieben wurde, dass Sorghum-Arten dem Mais in klimatisch begünstigten Gebieten an Trockenmasseertrag überlegen sein können (z.B. PETERSEN et al., 2009), wurden an den Versuchsstandorten bei Braunschweig in allen drei Versuchsjahren höhere Maiserträge erzielt. In 2009 lagen die maximalen Ertragsdifferenzen in den behandelten Varianten zwischen Sorghum und Mais sogar bei fast 50 %. Da die chemische Unkrautbekämpfung in Sorghum aufgrund der wenigen zugelassenen Herbizide sehr schwierig ist, die Unkrautkonkurrenz zumindest in den Versuchsjahren gegenüber dem Mais eher schlechter war und zudem teilweise ein ungleichmäßiger Auflauf der sehr wärmeliebenden Sorghumsorten festzustellen war, stellten diese in den drei Versuchsjahren kaum eine Alternative zum Mais dar. Eventuell stellt sich Sorghum aufgrund der besseren Spätsaatverträglichkeit in einem Zweikultursystem aber besser dar.

## Danksagung

Dank gilt der gesamten Arbeitsgruppe der Herbologie des Instituts für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland sowie den Mitarbeitern des Versuchsfeldes des JKI ohne deren Mithilfe die aufwändigen Erntearbeiten nicht möglich gewesen wären.

## Literatur

- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ UND BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT, 2009: NATIONALER BIOMASSEAKTIONSPLAN FÜR DEUTSCHLAND.
- BUNDESORTENAMT, 2011: BESCHREIBENDE SORTENLISTE GETREIDE, MAIS, ÖLFRÜCHTE, LEGUMINÖSEN (GROßKÖRNIG), HACKFRÜCHTE ( AUßER KARTOFFELN). LANDBUCH VERLAGSGESELLSCHAFT MBH, HANNOVER.
- DEUTSCHES MAISKOMITEE, 2009:  
[HTTP://WWW.MAISKOMITEE.DE/WEB/UPLOAD/PDF/PRODUKTION/MAISANBAUFLAECHE\\_D\\_08-09.PDF](http://www.maiskomitee.de/web/upload/pdf/produktion/MAISANBAUFLAECHE_D_08-09.pdf). ABRUF AM 10.10.2011.
- GEHRING, K., S. THYSSSEN UND T. FESTNER, 2006: ANPASSUNG DER UNKRAUTFLORA AN EINE UNTERSCHIEDLICHE INTENSITÄT DER HERBIZIDBEHANDLUNG. GESUNDE PFLANZEN **58**, 52-56.
- MAYER K., 2006: ALTERNATIVE PFLANZEN ZU MAIS FÜR DIE BIOGASERZEUGUNG IN OBGRÜN, KALSDORF (FS HATZENDORF) UND HAFENDORF – 2-JÄHRIGE ERGEBNISSE. VERSUCHSREFERAT DER STEIRISCHEN LANDWIRTSCHAFTSSCHULEN. VERSUCHSBERICHT 2006, 22-26.
- MEHRTENS, J., M. SCHULTE UND K. HURLE, 2005: UNKRAUTFLORA IN MAIS. GESUNDE PFLANZEN **57**, 206-218.
- PETERSEN, J., S. SCHMITT UND O. LANG, 2009: HIRSE ODER MAIS? MAIS, SONDERDRUCK 1/2009, 1-4.
- SCHRÖDER, G., E. MEINLSCHMIDT, H. BÄR, E. BERGMANN UND I. PITTORF, 2007: DER GEZIELTE EINSATZ VON REDUZIERTEN AUFWANDMENGEN HERBIZIDER TANKMISCHUNGEN IN MAIS – EIN BEITRAG ZUR UMSETZUNG DES INTEGRIERTEN PFLANZENSCHUTZES IN DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN PRAXIS. GESUNDE PFLANZEN **59**, 127-139.
- VOLLRATH, B. UND W. KUHN, 2010: NEU: WILDPFLANZEN GEBEN BIOGAS. BIOGAS JOURNAL. SONDERHEFT ENERGIEPFLANZEN, 30-33.