



Das Lebensministerium



Anbauversuch Energiehirse

Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft

Heft 18/2008

Freistaat  Sachsen

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Verbundvorhaben „Energiepflanzen für die Biogasproduktion“

Teilvorhaben:

**Anbau und Nutzung von Energiehirse als Alternative für ertragsschwache
Standorte in Trockengebieten Deutschlands**

Laufzeit: 24.05.2004 – 31.12.2007

Berichtszeitraum: Versuchsergebnisse 2007

Dr. habil. Christian Röhrich, Daniela Zander, Ralf Dittrich

Die Ergebnisse aus dem Berichtszeitraum 24.05.2004 – 31.12.2006 sind veröffentlicht in Heft 2/2008 der Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft unter dem Titel „Anbau und Nutzung von Energiehirse“.

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz unter dem Förderkennzeichen 22011502 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	1
2	Material und Methoden	2
2.1	Bodenklimatische Charakteristik der Versuchsstandorte	2
2.2	Anbautechnische Parameter	5
3	Ergebnisse	10
3.1	Sortenversuche	10
3.1.1	Ertragsparameter	14
3.1.2	Nährstoffgehalte/N-Bilanzen	18
3.1.3	Entwicklung des Trockensubstanz- und Nährstoffgehaltes von Mais und Sorghumhirsen	25
3.1.4	Zusammensetzung der Trockenmasse an biogasrelevanten Stoffgruppen	29
3.2	Aussaatstärkeversuch	32
3.2.1	Standort- und Versuchsbeschreibung	32
3.2.2	Erträge und Wirtschaftlichkeit	33
3.2.3	Nährstoffgehalte	35
3.3	Herbizidprüfung	36
4	Handlungsbedarf	42
5	Zusammenfassung	43
6	Literatur	44
	Anhang	46

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1: Charakteristik der Boden/Klima-Bedingungen der Versuchsstandorte - Sortenprüfung
- Tabelle 2: Nährstoff- und N_{\min} -Gehalte in der Ackerkrume der Sorghumhirsen zu Vegetationsbeginn (Versuchsjahr 2007, Sortenversuche)
- Tabelle 3: Ausgewählte anbautechnische Parameter zu Energiemais und Sorghumhirsen – Versuchsergebnisse 2007, Standort Güterfelde
- Tabelle 4: Ausgewählte anbautechnische Parameter zu Energiemais und Sorghumhirsen – Versuchsergebnisse 2007, Standort Gülzow
- Tabelle 5: Ausgewählte anbautechnische Parameter zu Energiemais und Sorghumhirsen – Versuchsergebnisse 2007, Standort Trossin
- Tabelle 6: Ausgewählte anbautechnische Parameter zu Energiemais und Sorghumhirsen – Versuchsergebnisse 2007, Standort Gadegast
- Tabelle 8: Erträge von Energiemais, Zuckerhirse und Sudangras nach Standort und Sorte, Versuchsergebnisse 2007
- Tabelle 9: Ertragsrelationen der geprüften Mais- und Sorghumhirsensorten
- Tabelle 10: Wachstumstage der Mais- und Sorghumhirsebestände (Aussaat bis Ernte), Versuchsjahr 2007
- Tabelle 11: Entwicklungsstadium der Mais- und Sorghumhirsebestände zum Erntezeitpunkt-Versuchsjahr 2007
- Tabelle 12: Trockensubstanzgehalt im Erntegut von Mais- und Sorghumsorten, Versuchsjahr 2007
- Tabelle 13: Wuchshöhe der Mais- und Sorghumhirsebestände zum Erntezeitpunkt- Versuchsjahr 2007
- Tabelle 14: Zusammenstellung ausgewählter Nährstoffgehalte nach Versuchsstandorten-Versuchsjahr 2007
- Tabelle 15: Nährstoffverhältnis für verschiedene Mais-, Zuckerhirse- und Sudangrassorten im Ernteprodukt (Mittel von vier Standorten), Versuchsjahr 2007
- Tabelle 16: Nährstoffentzüge durch das Ernteprodukt bei ausgewählten Mais-, Zuckerhirse- und Sudangrassorten (Mittel von vier Standorten), Versuchsjahr 2007
- Tabelle 17: Stickstoffbilanzierung im Mais- und Sorghumhirseanbau an verschiedenen Standorten, Sortenversuche 2007
- Tabelle 18: Entwicklung des Trockensubstanzgehaltes im Wachstumsverlauf bei Mais und Sorghumhirsen, Versuchsjahr 2007, Versuchsstandort Trossin
- Tabelle 19: Entwicklung der Konzentration ausgewählter Nährstoffe in der Trockenmasse (in % TS) im Wachstumsverlauf bei Mais und Sorghumhirsen, Versuchsjahr 2007, Versuchsstandort Trossin
- Tabelle 20: Entwicklung des Mikronährstoffgehaltes im Wachstumsverlauf bei Mais und Sorghumhirsen, Versuchsjahr 2007, Versuchsstandort Trossin

- Tabelle 21: Inhaltsstoffe der Mais-, Zuckerhirse- und Sudangrassorten für die Biogasbildung (%TS), Mittel von vier Standorten (IS, AZ 32-34)
- Tabelle 22: Theoretischer Biogas- und Methanertrag der geprüften Mais-, Zuckerhirse- und Sudangrassorten, Versuchsjahr 2007, Mittel der vier Standorte
- Tabelle 23 : Bodenchemische Kennwerte zum Versuchsbeginn; Aussaatstärkenversuch bei Zuckerhirse, Sorte „Super Sile 18“ auf einem sandigen Lehmboden, Standort Dornburg, Versuchsjahr 2007
- Tabelle 24: Einfluss einer steigenden Saatstärke auf den Ertrag von Zuckerhirse, Sorte „Super Sile 18“ am Standort Dornburg (Löss-Parabraunerde; Ackerzahl 65), Versuchsjahr 2007
- Tabelle 25: Einfluss der Saatstärke auf den Trockenmasseertrag von Zuckerhirse Sorte „Super Sile 18“, Versuchsstationen Dornburg und Heßberg, Versuchsjahr 2006
- Tabelle 26: Wirtschaftlichkeit der Saatstärkenerhöhung, Basis Saatstärkenversuch Dornburg 2007
- Tabelle 27: Nährstoffgehalte und Entzüge im Erntegut der Zuckerhirse (Sorte „Super Sile 18“), Saatstärkenversuch Standort Dornburg, (Löss-Parabraunerde; Ackerzahl 65), Versuchsjahr 2007
- Tabelle 28: Unkrautbekämpfung im Herbizidversuch zu Sudangras, Standort SL, Lö4, Ackerzahl 45, Sorte „Susu“, Versuchsjahr 2006
- Tabelle 29: Unkrautbekämpfung im Herbizidversuch zu Sudangras-Bonitur Schäden an den Kulturpflanzen Standort SL, Lö4, Ackerzahl 45, Sorte „Susu“, Versuchsjahr 2006
- Tabelle 30: Unkrautbekämpfung im Herbizidversuch zu Sudangras Standort SL, Lö4, Ackerzahl 45, Sorte „Susu“, Versuchsjahr 2007
- Tabelle 31: Unkrautbekämpfung im Herbizidversuch zu Sudangras- Bonitur Schäden an den Kulturpflanzen Standort SL, Lö4, Ackerzahl 45, Sorte „Susu“, Versuchsjahr 2007
- Tabelle 32: Unkrautspektrum im Herbizidversuch zu Sudangras Standort SL, Lö4, Ackerzahl 45, Sorte „Susu“ Versuchsjahre 2006 und 2007

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Wetterdaten 2007 des Versuchsstandortes Trossin
- Abbildung 2: Wetterdaten 2007 des Versuchsstandortes Gadegast
- Abbildung 3: Wetterdaten 2007 des Versuchsstandortes Güterfelde
- Abbildung 4: Wetterdaten 2007 des Versuchsstandortes Gülzow
- Abbildung 5: Standortbezogene Untersuchungen zwischen dem Trockensubstanzgehalt (% TS) und dem Trockenmasseertrag (t TM/ha) für Mais- und Sudangrassorten
- Abbildung 6: Zusammenhang zwischen Wuchshöhe zur Ernte und Trockenmasseertrag bei Energiemais, Zuckerhirse und Sudangras, Sortenversuche 2007
- Abbildung 7: Zuwachs an Trockensubstanzgehalt in Abhängigkeit von den Wachstumsstadien im Stadium Blattentwicklung bis Fruchtentwicklung bei Mais, Versuchsjahr 2007, Versuchsstandort Trossin
- Abbildung 8: Zuwachs an Trockensubstanzgehalt in Abhängigkeit von den Wachstumsstadien im Stadium Blattentwicklung bis Fruchtentwicklung bei Zuckerhirse, Versuchsjahr 2007, Versuchsstandort Trossin
- Abbildung 9: Zuwachs an Trockensubstanzgehalt in Abhängigkeit von den Wachstumsstadien im Stadium Blattentwicklung bis Fruchtentwicklung bei Sudangras, Versuchsjahr 2007, Versuchsstandort Trossin
- Abbildung 10: Witterungsdaten vom Standort Dornburg, Versuchsjahr 2007

1 Aufgabenstellung

Mit den Untersuchungen zum Energiehirseanbau im Jahr 2007 sollen in Ergänzung zu den anbautechnischen Prüfungen der Jahre 2004 – 2006 (RÖHRICHT, ZANDER 2007) die Erkenntnisse zur Ertragsleistung moderner, leistungsstarker Hybridsorten auf verschiedene Standorte erweitert und vertieft werden.

An vier Standorten Mitteldeutschlands (mitteldeutsches Trockengebiet/binnenlandklimatisch beeinflusstes Küstenvorland) wurden Energiemaissorten mit Sorten der Zuckerhirse und des Sudangrasses hinsichtlich des Ertrages und ausgewählter Qualitätsparameter als Rohstoff für die Biogasproduktion miteinander verglichen.

Der Versuchsplan wurde so aufgebaut, dass bewährte und neue Sorten aus dem Energiemais-, Zuckerhirse- und Sudangrassortiment in die Prüfung aufgenommen wurden. Beim Energiemais sind es die Sorten „NK Magitop“ und „Lukas“. Aus dem Sortenpool der Zuckerhirse wurde die bewährte Sorte „Super Sile 20“ ergänzt durch die neue Sorte „Goliath“. Für das Sudangras ist neben der bekannten Sorte „Susu“ die Sorte „King 61“ ausgewählt worden.

Die Versuchsstandorte der Sortenprüfung sind vor allem repräsentativ für leichte und mittlere diluviale Standorte (Tabelle 1).

Tabelle 1: Charakteristik der Boden/Klima-Bedingungen der Versuchsstandorte - Sortenprüfung

Versuchs-ort	Land	Bodenart	Acker-zahl	Jahres-niederschlag Summe (mm) langj. Mittel	Jahresdurchschnitts-temperatur (°C) langj. Mittel
Trossin	Sachsen	IS (lehmiger Sand)	30	540	9,0
Gadegast	Sachsen-Anhalt	IS (lehmiger Sand)	35	574	8,7
Güterfelde	Brandenburg	IS (lehmiger Sand)	35	547	9,1
Gülzow	Mecklenburg-Vorpommern	IS (lehmiger Sand)	48	560	8,4

Für diese flächenmäßig großen Anbaugelände (19 % LN der neuen Bundesländer) soll ein Beitrag geleistet werden, das Rohstoffspektrum für Biogasanlagen um leistungsstarke, trocken-tolerante Kulturarten und Sorten zu erweitern.

Mit den Untersuchungen zur Saatstärke (Zuckerhirse) am Standort Dornburg (Thüringen) werden erste Prüfungen zur standortbezogenen Optimierung dieses Anbaufaktors eingeleitet.

Die für den Anbau von Sudangras und Zuckerhirse wichtige Frage der Unkrautregulierung während der Aufgangs- und Jugendphase der Kulturen wird in einem 2006 begonnenen Versuch der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft fortgeführt, um bezüglich des Einsatzes von Herbiziden über ein breiteres Mittelspektrum als bisher (Certrol B, Artett) verfügen zu können.

2 Material und Methoden

2.1 Bodenklimatische Charakteristik der Versuchsstandorte

Die Versuchsstandorte der Sortenversuche sind als diluviale Standorte der Bodenart lehmiger Sand zu charakterisieren. Ihre niedrige Ackerzahl weist auf eine entsprechend schwache Ertragsfähigkeit hin. Die langjährigen Niederschlags- und Temperaturdaten der Versuchsstandorte sind charakteristisch für die mitteldeutsche Trockenregion bzw. das binnenlandklimatisch beeinflusste Küstenvorland (Tabelle 1). Daran gemessen, ist das Versuchsjahr 2007 im Niederschlags- und Temperaturverlauf in der Hauptwachstumsperiode als sehr günstig für das Pflanzenwachstum einzustufen. Insbesondere in den Monaten Juni bis August bildeten reichliche Niederschläge, verbunden mit hohen Lufttemperaturen an allen Standorten, die Voraussetzung für einen intensiven Zuwachs an Biomasse (Abbildungen 1 - 4).

Die Gehalte an Phosphor und Kalium in der Ackerkrume (Status Vegetationsbeginn 2007) entsprechen der für die Ernährung der Kulturpflanzen optimalen Versorgungsstufe C. Dies ist insbesondere für die Abdeckung des erhöhten Kaliumbedarfs der Mais- und Sorghumhirsen von Bedeutung (RÖHRICHT, ZANDER 2007). Der Magnesiumgehalt weist allerdings an zwei Versuchsstandorten den suboptimalen Konzentrationsbereich der Versorgungsstufe B auf.

Die Bodenreaktion (pH-Wert) der Versuchsstandorte liegt in einem bodentypischen schwach sauren bis sauren Bereich (Versorgungsstufe C). Dies entspricht den Ansprüchen der geprüften Kulturen an den Reaktionszustand des Bodens (Tabelle 2). Zu Beginn der Vegetationsperiode des Versuchsjahres 2007 weisen die Böden einen für leichte Böden mittleren bis hohen Gehalt an pflanzenaufnehmbaren Stickstoffgehalt in der Bodenschicht 0 – 60 cm (N_{\min}) auf (KÖHLER, KOLBE 2007).

Tabelle 2: Nährstoff- und N_{min}- Gehalte in der Ackerkrume der Sorghumhirsen zu Vegetationsbeginn (Versuchsjahr 2007, Sortenversuche)

Parameter	Maßeinheit	Bodentiefe cm	Standorte			
			Trossin	Gadegast	Güterfelde	Gülzow
N _{min}	kg/ha	0 - 30 cm	64,4	113,0	21,0	50,9
	kg/ha	30 - 60 cm	27,5	42,9	2,0	41,9
S _{min}	kg/ha	0 - 30 cm	4,2	28,8	4,0	12,2
	kg/ha	30 - 60 cm	0,2	23,0	7,0	11,2
Phosphor P (DL)	mg/100g	0 - 20 cm	12,7 ¹⁾	6,4 ¹⁾	7,8	7,2 ¹⁾
Kalium K (DL)	mg/100g	0 - 20 cm	12,1 ¹⁾	3,6 ¹⁾	6,1	10 ¹⁾
Magnesium Mg (CaCl ₂)	mg/100g	0 - 20 cm	9,5	3,5	2	11,3
Humus	%		-	1,0	1,9	1,0
pH	--		5,9	4,4	5,7	6,1

¹⁾ CAL

Wetterdaten Trossin (Station Spröda)

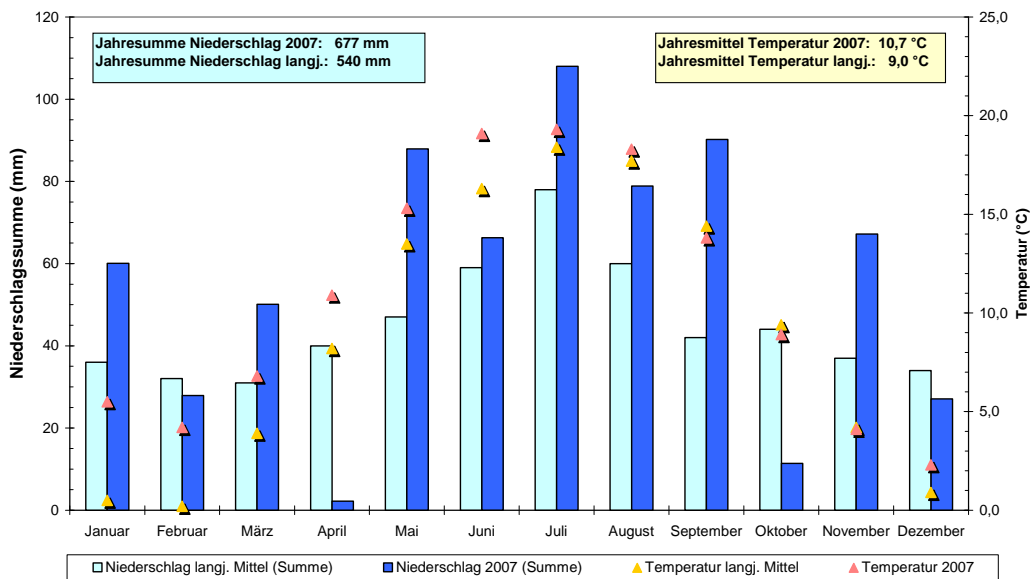


Abbildung 1: Wetterdaten 2007 des Versuchsstandortes Trossin

Wetterdaten Gadegast

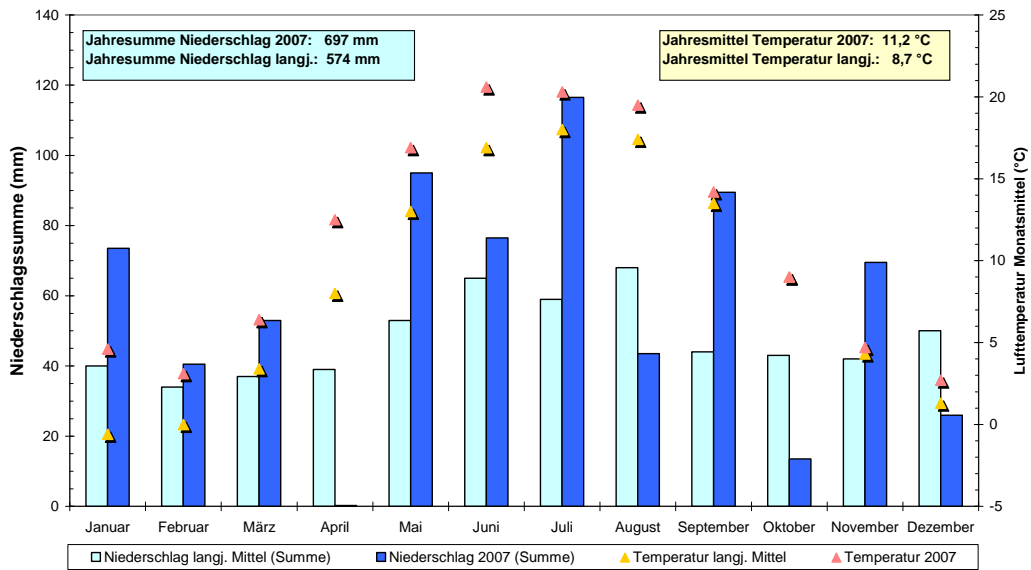


Abbildung 2: Wetterdaten 2007 des Versuchsstandortes Gadegast

Wetterdaten Güterfelde

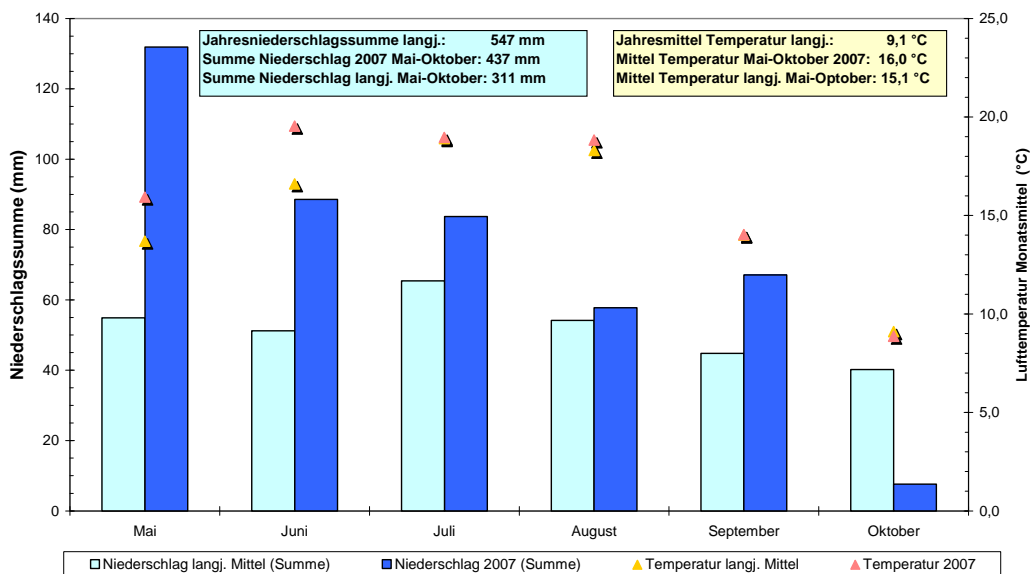


Abbildung 3: Wetterdaten 2007 des Versuchsstandortes Güterfelde

Wetterdaten Gülzow

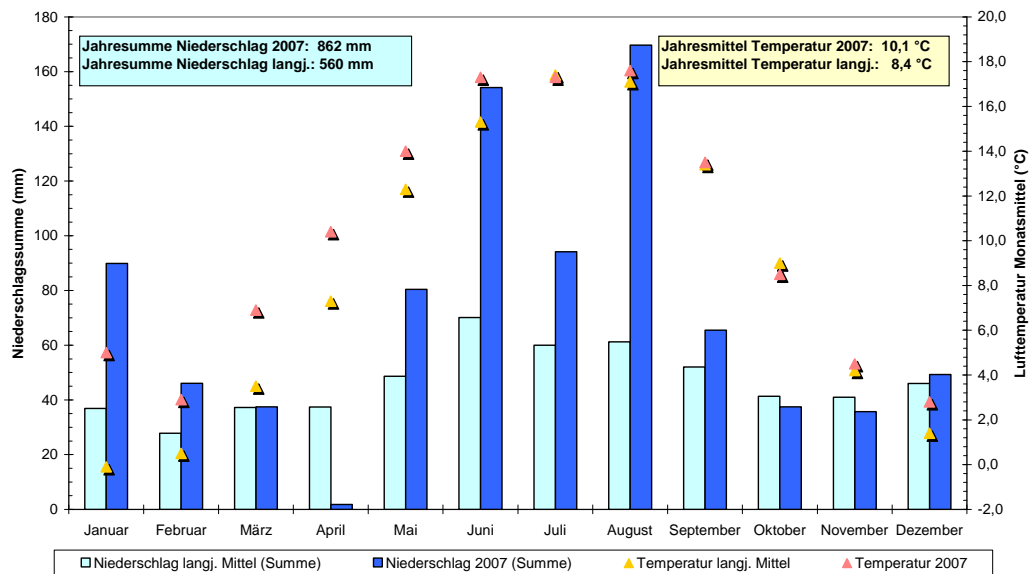


Abbildung 4: Wetterdaten 2007 des Versuchsstandortes Gülzow

2.2 Anbautechnische Parameter

Die nach Versuchsstandorten zusammengestellten Daten und Parameter zur Anbautechnik werden nachfolgend für die Sorghumarten und Sorten behandelt.

Das Vorfruchtspektrum auf den Versuchsstandorten zeigt, dass Sorghumhirsen wie auch Mais flexibel in praxisüblichen Fruchtfolgen eingepasst werden können. Beleg dafür sind Futterkulturen wie Landsberger Gemenge als Winterzwischenfrucht und Feldgras als Hauptfutterkultur, die als Vorfrüchte fungieren (Tabellen 3 und 4). Ebenso können Sorghumhirsen in getreidebetonte Fruchtfolgen sowohl nach Sommer- als auch Wintergetreide eingeordnet werden (Tabellen 5 und 6).

Im Zuge der Grundbodenbearbeitung überwiegt bei den Sorghumhirsen das Pflügen. Dabei ist auf den leichten Böden (Ackerzahl 30 – 35) die Frühjahrsfurche üblich. Auf dem besseren Boden (Ackerzahl 48) wird der Boden im Herbst gepflügt. Das in Trossin angewandte nicht wendende Verfahren (2x Grubbern) lässt erkennen, dass hier auch bodenfeuchterhaltende und strukturschonende Bodenbearbeitungsverfahren bei der Sorghumhirse möglich sind (Tabellen 3 bis 6).

Tabelle 3: Ausgewählte anbautechnische Parameter zu Energiemais und Sorghumhirsen, Versuchsergebnisse 2007, Standort Güterfelde

Kennziffer	Mais		Zuckerhirse		Sudangras	
	Lukas	NK Magi-top	Super Sile 20	Goliath	Susu	King 61
Vorfrucht (2006)	Landsberger Gemenge					
Grundbodenbearbeitung						
Termin	16.04.07					
Arbeitsgang	Pflügen ohne Packer					
Aussaat						
Termin	07.05.07	07.05.07	16.05.07	16.05.07	16.05.07	16.05.07
Saatstärke	7Kö/m ²	9 Kö/m ²	25 Kö/m ²	25 Kö/m ²	20 kg/ha	20 kg/ha
Saattiefe						
Reihenabstand						
Aufgang						
Zeitspanne (Tage)	13	13	7	7	7	7
Ernte						
Termin	14.09.07	14.09.07	24.09.07	24.09.07	24.09.07	24.09.07
Wachst.-tage	130	130	131	131	131	131
N-Düngung						
Mittel	Alzon 46	Alzon 46	Alzon 46	Alzon 46	Alzon 46	Alzon 46
Menge (kg N/ha)	120	120	120	120	120	120
Termin	18.05.07	18.05.07	18.05.07	18.05.07	18.05.07	18.05.07
Herbizide						
Mittel	Durano/ Artett + Spektrum	Durano/ Artett + Spektrum	Durano/ Artett	Durano/ Artett	Durano/ Artett	Durano/ Artett
Menge (l/ha)	5 l/ 1,4 l + 2,8 l	5 l/ 1,4 l + 2,8 l	5 l/ 2,5 l	5 l/ 2,5 l	5 l/ 2,5 l	5 l/ 2,5 l
Termin	3.4. (VA)/ 31.05.07	3.4. (VA)/ 31.05.07	3.4.(VA)/ 06.06.07	3.4.(VA)/ 06.06.07	3.4.(VA)/ 06.06.07	3.4.(VA)/ 06.06.07
EC-Stadium	14	14	14	14	14	14

Tabelle 4: Ausgewählte anbautechnische Parameter zu Energiemais und Sorghumhirsen, Versuchsergebnisse 2007, Standort Gülzow

Kennziffer	Mais		Zuckerhirse		Sudangras	
	Lukas	NK Magi-top	Super Sile 20	Goliath	Susu	King 61
Vorfrucht (2006)	Gras					
Grundbodenbearbeitung						
Termin	26.10.2006					
Arbeitsgang	Pflügen, 30 cm					
Aussaat						
Termin	10.05.07	10.05.07	24.05.07	24.05.07	24.05.07	24.05.07
Saatstärke	18 Kö/m ²	18 Kö/m ²	25 Kö/m ²	30 Kö/m ²	15 kg/ha	30 kg/ha
Saattiefe	3 cm	3 cm	2,5 cm	2,5 cm	2,5 cm	2,5 cm
Reihenabstand	75 cm	75 cm	50 cm	50 cm	25 cm	25 cm
Aufgang						
Zeitspanne (Tage)	12	12	9	9	9	9
Ernte						
Termin	10.10.07	10.10.07	10.10.07	10.10.07	10.10.07	10.10.07
Wachst.-tage	153	153	139	139	139	139
N-Düngung						
Mittel	KAS+ Unterfuß- düng. Kemistar ¹⁾	KAS+ Unterfuß- düng. Kemistar ¹⁾	KAS	KAS	KAS	KAS
Menge (kg N/ha)	100 + 25	100 + 25	100	100	100	100
Termin	08.06.07/ 10.05.07	08.06.07/ 10.05.07	08.06.07	08.06.07	08.06.07	08.06.07
Herbizide						
Mittel	Gardo Gold + Callisto	Gardo Gold + Callisto	Curol B	Curol B	Curol B	Curol B
Menge (l/ha)	3 l + 0,75 l	3 l + 0,75 l	1,5 l	1,5 l	1,5 l	1,5 l
Termin	24.05.07	24.05.07	14.06.07	14.06.07	14.06.07	14.06.07
EC-Stadium	2-Blattst.	2-Blattst.	5-Blattst.	5-Blattst.	5-Blattst.	5-Blattst.

¹⁾ Kemistar: 50 kg P₂O₅ + 25 kg N/ha

Tabelle 5: Ausgewählte anbautechnische Parameter zu Energiemais und Sorghumhirsen, Versuchsergebnisse 2007, Standort Trossin

Kennziffer	Mais		Zuckerhirse		Sudangras	
	Lukas	NK Magi-top	Super Sile 20	Goliath	Susu	King 61
Vorfrucht (2006)	Sommergerste					
Grundbodenbearbeitung						
Termin	28.03.2007					
Arbeitsgang	Pflügen		2 mal Grubbern			
Aussaat						
Termin	05.05.07	05.05.07	18.05.07	18.05.07	18.05.07	18.05.07
Saatstärke	9,5 Kö/m ²	9,5 Kö/m ²	7 kg/ha	7 kg/ha	15 kg/ha	28,9 kg/ha
Saattiefe	4-5 cm	4-5 cm	2-3 cm	2-3 cm	2-3 cm	2-3 cm
Reihenabstand	75 cm	75 cm	50 cm	50 cm	28 cm	28 cm
Aufgang						
Zeitspanne (Tage)	15	15	7	7	7	7
Ernte						
Termin	13.09.07	13.09.07	04.10.07	04.10.07	13.09.07	13.09.07
Wachst.-tage	131	131	139	139	118	118
N-Düngung						
Mittel	KAS	KAS	KAS	KAS	KAS	KAS
Menge (kg N/ha)	60/60	60/60	70	70	70	70
Termin	16.05./ 19.06.07	16.05./ 19.06.07	19.06.07	19.06.07	19.06.07	19.06.07
Herbizide						
Mittel	Gardo Gold + Callisto	Gardo Gold + Callisto	Certrol B	Certrol B	Certrol B	Certrol B
Menge (l/ha)	3 l + 1 l	3 l + 1 l	1 l	1 l	1 l	1 l
Termin	25.05.07	25.05.07	31.05.07	31.05.07	31.05.07	31.05.07
EC-Stadium	13	13	14	14	14/15	14/15

Tabelle 6: Ausgewählte anbautechnische Parameter zu Energiemais und Sorghumhirsen, Versuchsergebnisse 2007, Standort Gadegast

Kennziffer	Mais		Zuckerhirse		Sudangras	
	Lukas	NK Magi-top	Super Sile 20	Goliath	Susu	King 61
Vorfrucht (2006)	Wintergerste					
Grundbodenbearbeitung						
Termin	22.11.2006					
Arbeitsgang	Pflügen ohne Packer					
Aussaat						
Termin	16.05.07	16.05.07	16.05.07	16.05.07	16.05.07	16.05.07
Saatstärke	18 Kö/m ²	18 Kö/m ²	25 kg/ha	30 kg/ha	15 kg/ha	30 kg/ha
Saattiefe	4 cm	4 cm	3 cm	3 cm	3 cm	3 cm
Reihenabstand	75 cm	75 cm	25 cm	25 cm	25 cm	25 cm
Aufgang						
Zeitspanne (Tage)	8	8	8	8	7	7
Ernte						
Termin	12.09.07	12.09.07	06.09.07	06.09.07	24.08.07	24.08.07
Wachst.-tage	119	119	113	113	100	100
N-Düngung						
Mittel	KAS	KAS	KAS	KAS	KAS	KAS
Menge (kg N/ha)	100	100	100	100	100	100
Termin	16.05.07	16.05.07	16.05.07	16.05.07	16.05.07	16.05.07
Herbizide						
Mittel	Certrol B	Certrol B	Certrol B	Certrol B	Certrol B	Certrol B
Menge (l/ha)	1 l	1 l	1 l	1 l	1 l	1 l
Termin	19.06.07	19.06.07	19.06.07	19.06.07	19.06.07	19.06.07
EC-Stadium	15	15	15	15	15	15

Die Aussaattermine für Sorghumhirsen variieren standortsspezifisch und liegen in der Zeitspanne Mitte bis Ende Mai, d.h. je nach Standort um 10 bis 14 Tage nach der Maisaussaat.

Weil die Tausendkornmasse beim Sorghumsaatgut stärker variiert, definieren sich die Saatstärken namentlich bei der Zuckerhirse über die Anzahl der Körner/m². Nach bisherigen Erfahrungen bilden 25 – 30 Körner/m² dichte, geschlossene Bestände bei den Zuckerhirsesorten. Im Sudangrasanbau sollten für die Sorte „Susu“ 15 – 20 kg Saatgut/ha und für die Sorte „King 61“ 30 kg/ha auf den leichten Böden gewählt werden, um geschlossene Bestände aufzubauen.

In der Reihenweite sind unterschiedliche Systeme möglich. Sie reichen von 25 – 50 cm bei Zuckerhirse und 25 – 30 cm bei Sudangraskulturen.

Unter den günstigen Witterungsbedingungen im Mai mit überdurchschnittlichen Lufttemperaturen und ausreichenden Niederschlägen (s. Abbildungen 1 – 4) benötigten die Sorghumhirsen nur 7 – 9 Tage von der Aussaat bis zum Auflaufen, für den Mais wurden 9 – 15 Tage gemessen. Bei einem mittleren bis hohen Gehalt an pflanzenverfügbarem Stickstoff wurden in den Sortenversuchen moderate N-Gaben bei den Sorghumarten appliziert. Die Ausbringung der N-Gaben erfolgte in der Zeitspanne vor der Saat bis zum Beginn des Längenwachstums des Hauptsprosses (Tabelle 7).

Tabelle 7: Mineralische N- Düngung und pflanzenverfügbarer N- Gehalt im Boden, Sorghumhirseversuche 2007

Standort	Frühjahr N _{min} (kg/ha) Bodenschicht		Zucker- hirse	Sudan- gras	Dünge- mittel	Ausbrin- gungs- termin
	0 – 30 cm	30 – 60 cm	N- Gabe (kg/ha)			
Güterfelde	21	2	120	120	Alzon 46	18.05.07
Gülzow	51	42	100	100	KAS	08.06.07
Trossin	64	27	70	70	KAS	19.06.07
Gadegast	113	43	100	100	KAS	16.05.07

Zur Unkrautbekämpfung in den Sorghumhirsebeständen setzte man im Voraufbau das Mittel „Durano“ ein. Im Entwicklungsstadium 14 (4. Laubblatt entfaltet) bekämpfte man zweikeimblättrige Unkräuter mit dem Herbizid „Artett“ bzw. „Certrol B“ (Tabellen 3 bis 6). In der Anbautechnik liegen somit für die neuen Kulturpflanzen Sudangras und Zuckerhirse erste praxistaugliche Verfahrensparameter vor, die es allerdings noch zu optimieren gilt.

3 Ergebnisse

3.1 Sortenversuche

Unter den für das Pflanzenwachstum günstigen Witterungsbedingungen des Versuchsjahres 2007 wurde ein insgesamt hohes Ertragsniveau von 12 – 17 t TM/ha durch die angebauten Energiemais- und Sorghumhirsesorten realisiert (Tabelle 8).

Dabei erreichten die geprüften Maissorten „Lukas“ und „NK Magitop“ auf allen Standorten jeweils die höchsten Erträge. Auf den Standorten Güterfelde, Gülzow und Trossin werden für leichte Böden Spitzenerträge von 17 – 19 t TM/ha mit den Maissorten erzielt. In Gadegast ist ein mittleres Ertragsniveau von knapp 14 t TM/ha zu verzeichnen.

Von den geprüften Sorghumsorten schneidet wiederum auf allen Standorten die Sorte „Goliath“ (Zuckerhirse) am besten ab. Sie erreicht auf der Mehrzahl der Standorte über 90 % (Gülzow 78 %)

des Ertragsniveaus der Maissorten (Tabelle 9). Der über die Standorte realisierte mittlere Ertrag der Sorte „Goliath“ beträgt 15,6 t TM/ha. Deutlich schwächer im Ertrag ist die Zuckerhirsesorte „Super Sile 20“ zu bewerten. Ihre mittlere Ertragsleistung beträgt knapp 11 t TM/ha.

Tabelle 8: Erträge von Energiemais, Zuckerhirse und Sudangras nach Standort und Sorte, Versuchsergebnisse 2007

Art/Sorte	Trossin			Gadegast			Güterfelde			Gülzow			Mittel alle Standorte		
	IS/ AZ 30			IS/ AZ 35			IS/ AZ 35			IS/ AZ 48			FM	TS	TM
	FM	TS	TM	FM	TS	TM	FM	TS	TM	FM	TS	TM	FM	TS	TM
	t/ha	%	t/ha	t/ha	%	t/ha	t/ha	%	t/ha	t/ha	%	t/ha	t/ha	%	t/ha
Energiemais															
Lukas	59,18	32,18	19,03	42,78	31,78	13,59	62,17	31,12	19,45	48,71	36,00	17,53	53,21	32,77	17,40
STABWN													7,83	1,90	2,31
NK Magitop	54,57	33,49	18,07	44,29	31,85	14,12	63,44	30,87	19,57	51,01	32,40	16,53	53,33	32,15	17,07
STABWN													6,91	0,95	2,02
Zuckerhirse															
Super Sile 20	62,40	25,01	15,56	38,07	23,00	8,76	51,71	24,04	12,43	34,51	20,80	7,18	46,67	23,21	10,98
STABWN													11,12	1,56	3,26
Goliath	62,10	28,67	17,79	47,25	27,70	13,05	63,38	29,06	18,42	51,87	25,60	13,28	56,15	27,76	15,64
STABWN													6,80	1,34	2,48
Sudangras															
Susu	53,30	27,64	14,88	46,46	25,10	11,66	69,79	25,75	17,96	41,44	26,90	11,15	52,75	26,35	13,91
STABWN													10,70	0,99	2,74
King 61	61,92	28,08	17,59	47,35	24,85	11,77	65,08	26,91	17,55	34,99	28,20	9,87	52,34	27,01	14,20
STABWN													12,04	1,35	3,44
Sortenmittel			17,56			12,59			17,10			12,16			
STABWN			2,41			3,63			1,45			1,76			

STABWN: Standardabweichung

Tabelle 9: Ertragsrelationen der geprüften Mais- und Sorghumhirsesorten

	Güterfelde IS/ AZ 35	Gülzow IS/ AZ 48	Trossin IS/ AZ 30	Gadegast IS/ AZ 35
Mais	t TM/ha			
Sortenmittel	19,51 = 100 %	17,03 = 100 %	18,55 = 100 %	13,85 = 100 %
	relativ zum Mais (%)			
Zuckerhirse				
Super Sile 20	64	42	84	63
Goliath	94	78	96	94
Sudangras				
Susu	92	65	80	84
King 61	90	58	95	85

Die geprüften Sudangrassorten konnten im Mittel der Standorte einen Ertrag von ca. 14 t TM/ha nachweisen. Dabei weisen die Ergebnisse auf den Standorten Güterfelde und Trossin auf ein hohes Ertragspotenzial (17 t TM/ha), besonders der Sorte „King 61“, hin. Mit Ausnahme des Standortes Gülzow liegt das Ertragsniveau beider Sorten auf den Versuchsstandorten zwischen 80 und 90 % der jeweiligen Maiserträge (Tabelle 9). Die Ergebnisse des niederschlagsbegünstigten Versuchsjahres 2007 erlauben die Aussage, dass für die an trockene, warme Klimate angepassten Sorghumhirsensorten neben einer ausreichenden Wärmesumme von > 2 000 °C auch eine gute Wasserversorgung Voraussetzung für ein hohes Ertragsniveau ist (LEIBLE, KAHNT 1991; CHATZIATHANASSIOU, CHRISTOU, ALEXOPOULOU, ZAFIRIS 1998).

Aus dem Vergleich sind die Sorten „Lukas“ (Energimais), „Goliath“ (Zuckerhirse) und „King 61“ (Sudangras) als ertragsstärkste auf leichten, diluvialen Böden hervorzuheben. Die bis zum Erntezeitpunkt in die Pflanze eingelagerte Trockensubstanz (% TS) weist für die Sorten der Zuckerhirse und des Sudangrases auf noch zu erschließende Ertragsreserven hin. Im Mittel liegen die Gehalte an Trockensubstanz um 5 bis 9 % je nach Sorte bei der Zuckerhirse und beim Sudangras niedriger als beim Energimais (32 %TS).

Regressionsanalytische Untersuchungen zeigen, dass zwischen dem prozentualen Trockensubstanzgehalt und dem Trockenmasseertrag (t TM/ha) auf jedem Standort ein enger linearer Zusammenhang für die Sorten besteht (Abbildung 5). Die ermittelten Regressionsfunktionen bringen zum Ausdruck, dass je ein Prozent TS-Zuwachs in der Biomasse der Hektarertrag um 0,4 bis 0,7 t TM/ha steigt. Dies kann bei den Sorghumhirsensorten vor allem durch eine Verlängerung der Wachstumsdauer (frühsaatverträgliche Sorten) erreicht werden.

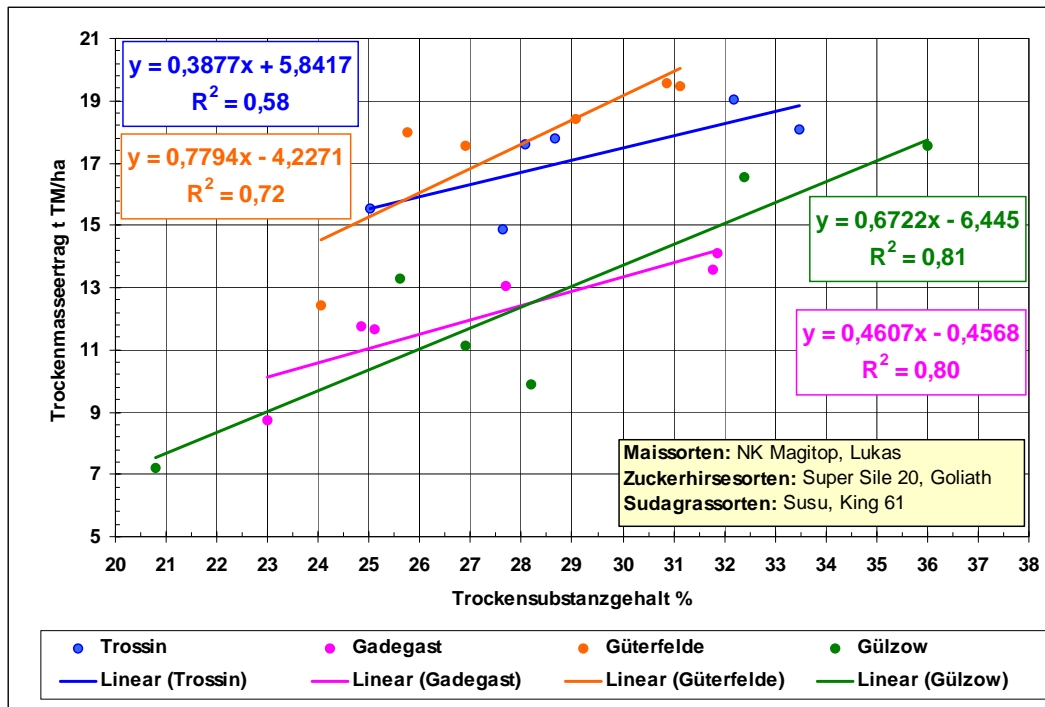


Abbildung 5: Standortbezogene Untersuchungen zwischen dem Trockensubstanzgehalt (% TS) und dem Trockenmasseertrag (t TM/ha) für Mais- und Sudangrassorten

3.1.1 Ertragsparameter

Wachstumsstage, Erntetermin, Reifestadium, Trockensubstanzgehalte, Wuchshöhe

Sowohl der Mais als auch die Sorghumhirsen zählen zu den Sommerkulturen, die innerhalb einer kurzen Wachstumszeit einen intensiven Zuwachs an Trockenmasse erreichen können. Man rechnet etwa mit 110 bis 130 Tagen bis zur Erntereife (LIEBHARD 1988).

Im Versuchsjahr 2007 wurde hinsichtlich der Wachstumsdauer bis zur Erntereife ein deutlicher Einfluss des Standortes (Witterung), aber auch der Kulturart beobachtet. Für die geprüften Maissorten konnte im Durchschnitt der Versuchsstandorte eine Wachstumsdauer von 133 Tagen festgestellt werden (Tabelle 10).

Tabelle 10: Wachstumstage der Mais- und Sorghumhirsebestände (Aussaat bis Ernte), Versuchsjahr 2007

Standort	Art/Sorte					
	Mais		Zuckerhirse		Sudangras	
	Lukas	NK Magitop	Super Sile 20	Goliath	Susu	King 61
	Wachstumstage					
Güterfelde	130	130	131	131	131	131
Gülzow	153	153	139	139	139	139
Trossin	131	131	139	139	118	118
Gadegast	119	119	113	113	100	100
Mittel	133,2 ± 12,3	133,2 ± 12,3	130,5 ± 10,6	130,5 ± 10,6	122,0 ± 14,7	122,0 ± 14,7

Die standortabhängige Schwankungsbreite betrug dabei 12 Tage. Eine um drei Tage geringere mittlere Wachstumsdauer im Vergleich zur Maiskultur stellte man bei der Zuckerhirse fest. Auch hier schwankte sie je nach Standort um ca. 10 Tage. Deutlich geringer war die Anzahl an Wachstumstagen beim Sudangras. Sie lag im Durchschnitt bei 122 Tagen. Hier wurde eine erhebliche standortabhängige Variation von 15 Tagen festgestellt. Die Erntetermine lagen dabei in der Zeitspanne Mitte September bis Mitte Oktober (Tabelle 3 bis 6). Zwischen dem Zeitpunkt der Maisernte und der Ernte der Sorghumhirsen sind mehrheitlich keine wesentlichen Unterschiede zu beobachten. Der zeitige Schnittermittelpunkt des Sudangrases am Standort Gadegast bildete hier eine Ausnahme. Die zum Erntezeitpunkt erreichten phänologischen Entwicklungsstadien weisen im Wesentlichen eine kulturartenspezifische Differenzierung auf (Tabelle 11).

Tabelle 11: Entwicklungsstadium der Mais- und Sorghumhirsebestände zum Erntezeitpunkt, Versuchsjahr 2007

Standort	Art/Sorte					
	Mais		Zuckerhirse		Sudangras	
	Lukas	NK Magitop	Super Sile 20	Goliath	Susu	King 61
	BBCH- Stadium					
Güterfelde	77	85	75	71	87	85
Gülzow	85	85	73 – 78	73 – 78	78	78
Trossin	85	85	85 – 87	85 – 87	85	85
Gadegast	79	83	69	69	69	69
Mittel	81,5	84,5	77,8	77,2	79,8	79,2

Aus den unterschiedlichen phänologischen Stadien zur Ernte leiten sich Hinweise für Ertragsreserven im Trockenmassezuwachs ab. Im Durchschnitt der Standorte wurden die Maissorten zum optimalen Zeitpunkt im Stadium beginnende bis volle Teigreife geerntet. Der früheste Schnitzeitpunkt erfolgte im vollen Milchreifstadium. Die beiden Zuckerhirsensorten erntete man im Mittel der Stand-

orte im Stadium der vollen Milchreife. Der sehr frühe Schnitzeitpunkt am Standort Gadegast (Ende Blüte) weist auf Ertragsreserven hin. Als günstiges Erntefenster für die Ausbildung hoher Erträge zeichnen sich die Stadien „Teigreife“ bis „beginnende Vollreife“ ab. Für die geprüften Sudangrassorten lag der Erntetermin überwiegend im Stadium der „vollen Milchreife bis Teigreife“ auf den einzelnen Standorten. Der Eintritt dieser phänologischen Stadien kann auch als günstigste Erntezeitspanne für das Sudangras angesehen werden.

Um hohe Anteile an vergärbare Substanz in die Pflanze einzulagern, sind möglichst Trockensubstanzgehalte von ca. 30 % anzustreben. Hier zeichneten sich sowohl für die Zuckerhirse- als auch Sudangrassorten geringere Einlagerungsraten an Trockensubstanz zum Zeitpunkt der Ernte gegenüber den Maissorten ab (Tabelle 12). Im Sortenvergleich ist diesbezüglich hervorzuheben, dass die Maissorten auf allen Versuchstandorten optimale Trockensubstanzgehalte von $\geq 30\%$ realisierten.

Tabelle 12: Trockensubstanzgehalt im Erntegut von Mais- und Sorghumsorten, Versuchsjahr 2007

Standort	Art/Sorte					
	Mais		Zuckerhirse		Sudangras	
	Lukas	NK Magitop	Super Sile 20	Goliath	Susu	King 61
	TS- Gehalt in %					
Güterfelde	31,12	30,87	24,04	29,06	25,75	26,91
Gülzow	36,00	32,40	20,80	25,60	26,90	28,20
Trossin	32,18	33,49	25,01	28,67	27,64	28,08
Gadegast	31,78	31,85	23,00	27,70	25,10	24,85
Mittel	32,77 $\pm 1,90$	32,15 $\pm 0,95$	23,21 $\pm 1,56$	27,76 $\pm 1,34$	26,35 $\pm 0,98$	27,01 $\pm 1,34$

Durchaus noch günstige Trockensubstanzgehalte konnten für die Sorten „Goliath“, „King 61“ und „Susu“ nachgewiesen werden (Tabellen 12, 8). Als ertrags- und erntetechnologischer Parameter erlaubt die Wuchshöhe die Aussage, dass unter den witterungsbedingt günstigen Bedingungen des Jahres 2007 beachtliche Bestandshöhen für die einzelnen Sorten ermittelt wurden (Tabelle 13).

Tabelle 13: Wuchshöhe der Mais- und Sorghumhirsebestände zum Erntezeitpunkt, Versuchsjahr 2007

Standort	Art/Sorte					
	Mais		Zuckerhirse		Sudangras	
	Lukas	NK Magitop	Super Sile 20	Goliath	Susu	King 61
	Wuchshöhe in cm					
Güterfelde	259,5	281,7	258,2	367,5	285,5	272,5
Gülzow	233,0	246,5	181,5	316,0	224,2	226,2
Trossin	245,0	255,0	225,0	383,8	261,2	237,5
Gadegast	194,7	207,0	191,8	293,5	226,2	216,2
Mittel	233,0 ± 24,0	247,5 ± 26,8	214,1 ± 30,1	340,2 ± 36,78	249,3 ± 25,57	238,1 ± 21,24

Dabei übertraf die Sorte „Goliath“ auf allen Standorten die übrigen geprüften Sorten deutlich an Wuchshöhe. Sie bildete je nach Standortbedingungen Bestände von 290 bis 380 cm Wuchshöhe aus. Die Sudangras- und Maissorten erreichten durchschnittlich 240 cm hohe Bestände. Niedrigere Bestandshöhen wurden für die Zuckerhirsensorte „Super Sile 20“ festgestellt.

Zwischen der Wuchshöhe zur Ernte und dem Trockenmasseertrag konnte ein linearer Zusammenhang für Energiemais, Zuckerhirse und Sudangras nachgewiesen werden (Abbildung 6). Die geschätzten Funktionen bringen zum Ausdruck, dass je Zentimeter Zuwachs an Wuchshöhe mit einer Ertragssteigerung von ca. 60 kg Trockenmasse je Hektar bei leistungsstarken Mais- und Zuckerhirsensorten unter günstigen Witterungsbedingungen zu rechnen ist. Für Sudangras wurden stärkere Zuwachsraten (100 kg Trockenmasse/ha/cm Wuchshöhe) ermittelt (Abbildung 6).

Bei einem umfangreicheren Datenmaterial bieten diese Untersuchungen tragfähige Ansätze für eine standortbezogene Schätzung des Ertrages für Energiepflanzen.

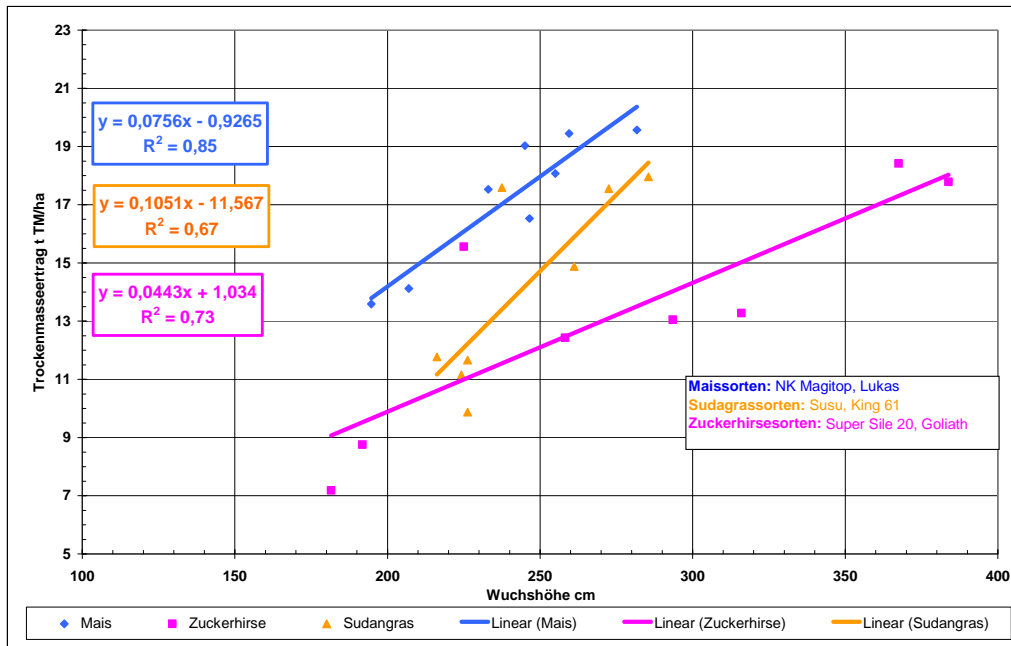


Abbildung 6: Zusammenhang zwischen Wuchshöhe zur Ernte und Trockenmasseertrag bei Energiemais, Zuckerhirse und Sudangras, Sortenversuche 2007

3.1.2 Nährstoffgehalte/N-Bilanzen

Die Untersuchungen zum Nährstoffgehalt des Erntegutes der verschiedenen Sorten sind geeignet, die noch schwache Datenlage für die Sorghumhirsen weiter zu qualifizieren. Für die leichten bis mittleren Standorte zeichnet sich im Durchschnitt ab, dass die Zuckerhirse- und Sudangrassorten eine leicht höhere Stickstoff-, Phosphor-, Kalium- und Magnesiumkonzentration in der Trockenmasse als Mais aufweisen (Tabelle 14).

Im Sinne von Richtwerten zum Nährstoffentzug liefern die Daten erste Anhaltspunkte. Danach kann man mit folgenden Nährstoffgehalten im Ernteprodukt der Fruchtarten rechnen:

	TS %	N	P	K	Mg
		kg/dt FM			
Energiemais	32,0	0,35	0,07	0,31	0,05
Zuckerhirse	28,0	0,28	0,06	0,37	0,07
Sudangras	26,5	0,33	0,06	0,40	0,06

Die Angaben unterstreichen den gegenüber Mais erhöhten K-Bedarf der beiden Sorghumhirsearten.

Die an den einzelnen Standorten erzielten Ergebnisse des Jahres 2007 lassen weiterhin erkennen, dass zwischen den Sorten der jeweiligen Arten nur geringe Unterschiede im Nährstoffgehalt vor-

handen sind. Da es sich bei den Versuchsstandorten um leichte diluviale Böden handelt, waren auch nur geringe standortabhängige Schwankungen bei den Nährstoffgehalten zu verzeichnen.

Im Vergleich der Nährstoffkonzentration muss auf das stärker P : K : Mg-betonte Nährstoffverhältnis der Zuckerhirse- und Sudangrassorten hingewiesen werden (Tabelle 15).

Für ein hohes Ertragsniveau sind für Zuckerhirse und Sudangras die Düngergaben demzufolge etwas stärker P : K : Mg auszurichten als bei Mais. Dabei sind die im Boden vorhandenen und über Wirtschaftsdünger zugeführten Nährstoffe zu berücksichtigen.

Tabelle 14: Zusammenstellung der Nährstoffgehalte im Ernteprodukt ausgewählter Sorten von Mais und Sorghumhirse nach Versuchsstandorten, Versuchsjahr 2007

Fruchtart	Sorte	Inhaltsstoffe in der TS (%)																			
		Trossin				Gadegast				Güterfelde				Gülzow				Mittel alle Orte			
		N	P	K	Mg	N	P	K	Mg	N	P	K	Mg	N	P	K	Mg	N	P	K	Mg
Mais	Lukas	1,24	0,20	0,94	0,17	1,10	0,16	0,91	0,15	1,10	0,21	1,09	0,14	0,86	0,23	0,94	0,15	1,08	0,20	0,97	0,15
	NK Magitop	1,27	0,21	0,95	0,19	1,07	0,18	0,95	0,15	1,21	0,23	1,10	0,14	0,95	0,24	0,98	0,16	1,13	0,21	1,00	0,16
Mittel Mais		1,26	0,21	0,95	0,18	1,09	0,17	0,93	0,15	1,16	0,22	1,09	0,14	0,91	0,23	0,96	0,16	1,10	0,21	0,98	0,16
Zuckerhirse	Super Sile 20	0,85	0,19	1,17	0,23	1,42	0,22	1,51	0,33	1,43	0,32	1,84	0,31	0,86	0,23	1,10	0,18	1,14	0,24	1,41	0,26
	Goliath	0,87	0,18	1,07	0,20	1,10	0,15	1,45	0,23	1,11	0,24	1,32	0,21	0,72	0,22	1,03	0,18	0,95	0,20	1,22	0,21
Mittel Zuckerhirse		0,86	0,18	1,12	0,22	1,26	0,19	1,48	0,28	1,27	0,28	1,58	0,26	0,79	0,22	1,07	0,18	1,05	0,22	1,31	0,24
Sudan-gras	Susu	1,33	0,30	1,76	0,28	1,14	0,14	1,36	0,12	1,29	0,27	1,62	0,25	1,20	0,29	1,59	0,24	1,24	0,25	1,58	0,22
	King 61	1,16	0,26	1,33	0,25	1,39	0,16	1,56	0,13	1,39	0,29	1,56	0,27	0,96	0,22	1,37	0,20	1,22	0,23	1,45	0,21
Mittel Sudan-gras		1,25	0,28	1,55	0,26	1,26	0,15	1,46	0,12	1,34	0,28	1,59	0,26	1,08	0,25	1,48	0,22	1,23	0,24	1,52	0,22

Tabelle 15: Nährstoffverhältnis für verschiedene Mais-, Zuckerhirse- und Sudangrassorten im Ernteprodukt (Trockenmasse) (Mittel von vier Standorten), Versuchsjahr 2007

Kulturart	Sorte	Nährstoffverhältnis						
		N	:	P	:	K	:	Mg
Mais	Lukas	1	:	0,18	:	0,89	:	0,14
	NK Magitop	1	:	0,18	:	0,88	:	0,14
Zuckerhirse	Super Sile 20	1	:	0,21	:	1,24	:	0,23
	Goliath	1	:	0,21	:	1,28	:	0,22
Sudangras	Susu	1	:	0,20	:	1,27	:	0,18
	King 61	1	:	0,19	:	1,19	:	0,17

Mit den im Versuchsjahr 2007 erzielten hohen Trockenmasseerträgen sind entsprechende Nährstoffentzüge verbunden (Tabelle 16).

Tabelle 16: Nährstoffentzüge durch das Ernteprodukt bei ausgewählten Mais-, Zuckerhirse- und Sudangrassorten (Mittel von vier Standorten), Versuchsjahr 2007

Kultur	Sorte	Ertrag t TM/ha	Entzug (kg/ha)			
			N	P	K	Mg
Mais	Lukas	17,40	174,9	32,5	157,5	24,8
	NK Magitop	17,07	180,0	34,0	158,4	25,6
Zuckerhirse	Super Sile 20	10,97	115,2	24,4	144,4	27,2
	Goliath	15,63	140,0	28,9	177,6	30,2
Sudangras	Susu	13,91	162,4	33,0	207,4	29,3
	King 61	14,19	165,2	32,2	193,3	29,7

Sie bewegen sich bei Trockenmasseerträgen von 14 – 15 t TM/ha im Sorghumhirseanbau in der Größenordnung von 160 kg N/ha, 31 kg P/ha und 173 kg K/ha. Für Mais ist bei hohem Ertragsniveau (17 t TM/ha) besonders der starke N-Entzug (180 kg N/ha) herauszustellen. Der Kaliumentzug (158 kg K/ha) ist hingegen etwas geringer zu veranschlagen.

Bei dem besonders umweltsensiblen Nährstoff Stickstoff sind im Anbau möglichst ausgeglichene Bilanzen anzustreben, um klimarelevante gasförmige N-Verluste (NH₃, N₂O) in die Atmosphäre und die Auswaschung von Stickstoff in Form von NH₄⁻ und NO₃⁻-Ionen in das Grundwasser zu minimieren.

Unter diesem Blickwinkel wurden im Rahmen der Sortenversuche statische N-Bilanzen durchgeführt. Sie erfassen die Zufuhr an Stickstoff zu Vegetationsbeginn (mineralische N-Düngergabe und pflanzenverfügbare Stickstoffgehalt (N_{min}) des Bodens) und den N-Entzug durch die Ernte. Als Export wird auch der N_{min}-Gehalt im Boden (Bodenschicht 0 - 60 cm) nach der Ernte bewertet. Die

Bilanzierungsergebnisse sind in Tabelle 17 für die einzelnen Versuchsstandorte und Sorten dargestellt.

Aus den standortlichen Bilanzberechnungen geht zunächst hervor, dass nach dem Anbau von Mais, Zuckerhirse und Sudangras bei den getätigten moderaten N-Düngergaben und erreichtem hohen Ertragsniveau unmittelbar nach der Ernte vergleichsweise niedrige N_{\min} -Gehalte in der Ackerkrume 0 – 60 cm gemessen wurden. Danach ist von einem geringen Auswaschungspotenzial bei ertragreichem Mais- und Sorghumhirseanbau unter Einsatz moderater N-Düngergaben auszugehen.

Der N-Export je Hektar über die Ernte ist stark vom standort- und sortenspezifischen Ertragsniveau abhängig. Aus der Gegenüberstellung der Importgrößen (N_{\min} im Frühjahr; N-Düngung) und dem Stickstoffexport (N-Entzug durch Ernte; N_{\min} nach der Ernte im Boden) ergeben sich im Mais- und Sorghumhirseanbau an den Standorten unterschiedliche Salden.

Für den Standort Güterfelde zeigt der Saldo (Nettomineralisierung), dass bei hohen Nährstoffentzügen und vergleichsweise niedrigem Input eine stark negative N-Bilanz entsteht. Dies ist günstig für die Umwelt zu werten. Sie weist aber auch darauf hin, dass der Vorfruchtwert von Mais und Sorghumhirse aus der Sicht der Nährstoffbereitstellung unter diesen Bedingungen gering einzustufen ist.

Am Standort Gülzow bedingen ein hoher Nährstoffinput und mittlere N-Entzüge durch die Ernte einen höheren Bilanzüberschuss sowohl bei Mais als auch bei den Sorghumhirsearten. Dies ist hauptsächlich auf den hohen N_{\min} -Vorrat zu Vegetationsbeginn zurückzuführen. Betrachtet man die N_{\min} -Werte unmittelbar nach der Ernte, ist die Belastung der Ackerkrume mit auswaschbarem Stickstoff (NO_3 - und NH_4 -N) mit ca. 20 kg N/ha als sehr gering einzustufen. Der berechnete Bilanzüberschuss weist darauf hin, dass der Mineralisierungsverlauf während der Wachstumsperiode mit dieser einfachen Bilanzierung offensichtlich nur ungenügend erfasst wird.

Überwiegend günstige N-Bilanzen (Sudangras, Zuckerhirse) sind in Trossin festzustellen. Bei diesen Kulturen konnten sehr geringe N_{\min} -Werte nach der Ernte beobachtet werden. Beim Mais sind trotz einer geringen, den hohen N_{\min} -Gehalt in der Ackerkrume im Frühjahr berücksichtigenden N-Gabe stärkere Mengen an pflanzenaufnehmbaren Stickstoff im Boden unmittelbar nach der Ernte gemessen worden, die deutlich von den niedrigen Werten der Sudangras- und Zuckerhirseparzellen abweichen.

Der extrem hohe N_{\min} -Gehalt im Frühjahr am Standort Gadegast in Verbindung mit einer moderaten N-Gabe sorgten bei einem mittleren Ertragsniveau und entsprechenden N-Entzügen je Hektar für sehr hohe N-Bilanzüberschüsse bei Mais und Sorghumhirsen, die durch die relativ niedrigen

N_{\min} -Gehalte im Boden nach der Ernte nicht wiedergespiegelt werden. Vermutlich ist auf leichten Böden mit größeren N-Auswaschungsverlusten zu rechnen.

Wählt man die schlagbezogene N-Bilanz, korrespondieren die Bilanzwerte teilweise besser mit den gemessenen N_{\min} -Werten nach Ernte (Standorte Gülzow, Gadegast). Im Fazit stellen beide Bilanzierungssysteme einen überschlägigen Ansatz dar, um das Gefahrenpotenzial auf dem Schlag für die Umwelt grob abschätzen zu können. Die nach der Ernte gemessenen N_{\min} -Werte zeigen dabei sowohl für die Energiemaissorten als auch Sorghumhirsesorten ganz überwiegend eine geringe Umweltbelastung (Auswaschungsgefährdung) bei dem praktizierten N-Düngungsregime auf.

Tabelle 17: Stickstoffbilanzierung im Mais- und Sorghumhirseanbau an verschiedenen Standorten, Sortenversuche 2007

Art/Sorte	N _{min} zu Vegetat.-beginn 0 - 60 cm kg/ha	min. N-Düngung kg/ha	N-Entzug durch Ernte kg/ha	N _{min} nach Ernte 0 - 60 cm kg/ha	Netto-mineralisierung kg/ha	schlag-bezogene N-Bilanz ¹⁾ kg/ha
Güterfelde (IS, AZ 35)						
Mais						
Lukas	22,0	120	197,3	10,6	-65,9	-77,3
NK Magitop	22,0	120	219,2	8,5	-85,7	-99,2
Zuckerhirse						
Super Sile 20	22,0	120	164,1	15,6	-37,7	-44,1
Goliath	22,0	120	191,5	2,9	-52,4	-71,5
Sudangras						
Susu	22,0	120	213,7	7,7	-79,4	-93,7
King 61	22,0	120	226,4	9,4	-93,8	-106,4
Gülzow (IS, AZ 48)						
Mais						
Lukas	92,8	125	140,3	19,7	+57,8	-15,3
NK Magitop	92,8	125	145,4	19,7	+52,7	-20,4
Zuckerhirse						
Super Sile 20	92,8	100	57,4	20,6	+114,8	+42,6
Goliath	92,8	100	89,0	20,6	+83,2	+11,0
Sudangras						
Susu	92,8	100	123,7	13,6	+55,5	-23,7
King 61	92,8	100	87,8	13,6	+91,4	+12,2
Trossin (IS, AZ 30)						
Mais						
Lukas	91,9	120	224,6	95,4	-108,1	-104,6
NK Magitop	91,9	120	216,8	107,2	-112,1	-96,8
Zuckerhirse						
Super Sile 20	91,9	70	125,6	14,4	+22,0	-55,6
Goliath	91,9	70	147,7	18,0	-3,8	-77,7
Sudangras						
Susu	91,9	70	187,5	21,7	-47,3	-117,5
King 61	91,9	70	193,5	19,3	-50,9	-123,5
Gadegast (IS, AZ 35)						
Mais						
Lukas	155,9	100	137,3	20,6	+98,0	-37,3
NK Magitop	155,9	100	138,3	30,4	+87,2	-38,3
Zuckerhirse						
Super Sile 20	155,9	100	113,9	31,3	+110,7	-13,9
Goliath	155,9	100	131,8	37,9	+86,2	-31,8
Sudangras						
Susu	155,9	100	124,8	25,2	+105,9	-24,8
King 61	155,9	100	153,0	26,7	+76,2	-53,0

¹⁾ System Schlagbilanz: N-Zufuhr Düngung - N-Entzug Erntegut

3.1.3 Entwicklung des Trockensubstanz- und Nährstoffgehaltes von Mais und Sorghumhirschen

Im Gegensatz zum Mais liegen für die modernen Sorghumhirsesorten erst wenige, noch nicht gesicherte Angaben eines für die Ertragsbildung ausreichenden Trockensubstanz(TS)- und Nährstoffgehaltes in den verschiedenen Entwicklungsstadien der Pflanze vor. Diesbezügliche Untersuchungen zeigen, dass die geprüften Maissorten bereits in der Jugendphase mehr Trockensubstanz einlagern als die Sorten der Sorghumhirse (Tabelle 18). Im Wesentlichen dürfte dieser sich über die gesamte Wachstumsperiode erstreckende Entwicklungsvorsprung der Maisbestände auf die um 13 Tage frühere Aussaat gegenüber der Hirse zurückzuführen sein.

Tabelle 18: Entwicklung des Trockensubstanzgehaltes im Wachstumsverlauf bei Mais und Sorghumhirschen, Versuchsjahr 2007, Versuchsstandort Trossin

Termin	Tage nach Aussaat		Trockensubstanzgehalt (% TS)					
	Mais	Sorghum	Mais		Zuckerhirse		Sudangras	
	5.05. ¹⁾	18.05. ¹⁾	Lukas	NK Magitop	Super Sile 20	Goliath	Susu	King 61
26.06.07	52	39	11,39	11,61	14,34	11,74	12,77	14,57
11.07.07	67	54	13,86	16,20	12,98	10,83	13,58	13,29
25.07.07	81	68	20,27	21,62	16,50	14,70	17,89	18,54
08.08.07	95	82	21,50	22,48	17,05	17,27	19,74	20,25
20.08.07	107	94	24,09	26,65	20,57	22,65	23,09	24,01
13.09.07	131	118	32,18	33,49	--	--	27,64	28,08
04.10.07	--	139	--	--	24,91	28,67	--	--

¹⁾ Saattermin

Eine differenziertere Betrachtung der Trockensubstanzbildung während des Wachstumsprozesses erlauben Regressionsfunktionen. Sie bringen zum Ausdruck, dass die Maissorten je Wachstumstag die höchsten Trockensubstanz-Zuwachsraten von 0,26 bis 0,27 % erreichen (Abbildungen 7, 8, 9). Für die besten Sorghumhirsesorten („Goliath“, „Susu“, „King 61“) werden tägliche Zuwachsraten an Trockensubstanz von 0,19 % nachgewiesen. Die Sorte „Super Sile 20“ erreicht nur einen Zuwachs von 0,12 % TS je Wachstumstag.

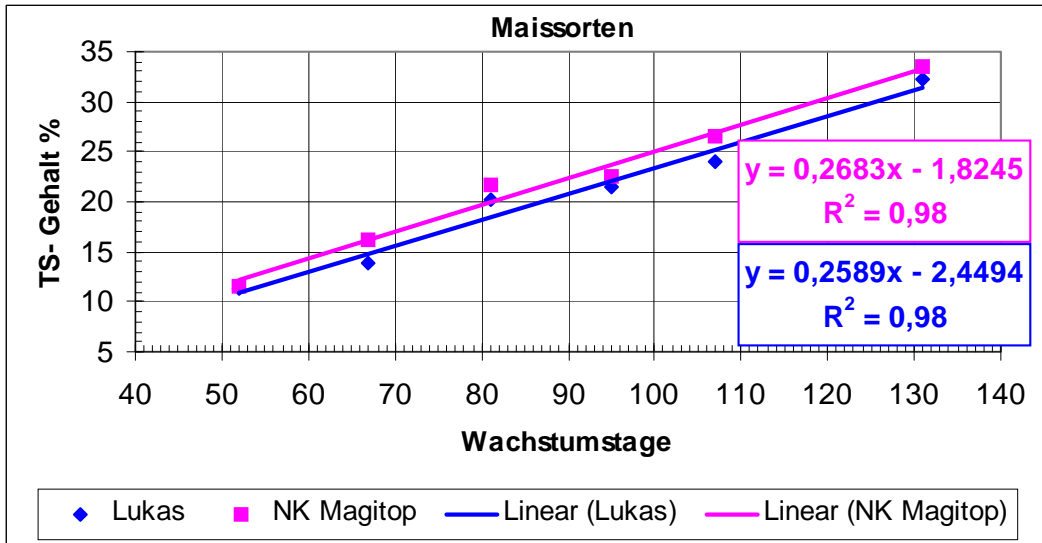


Abbildung 7: Zuwachs an Trockensubstanzgehalt in Abhängigkeit von den Wachstumsstagen im Stadium Blattentwicklung bis Fruchtentwicklung bei Mais, Versuchsjahr 2007, Versuchsstandort Trossin

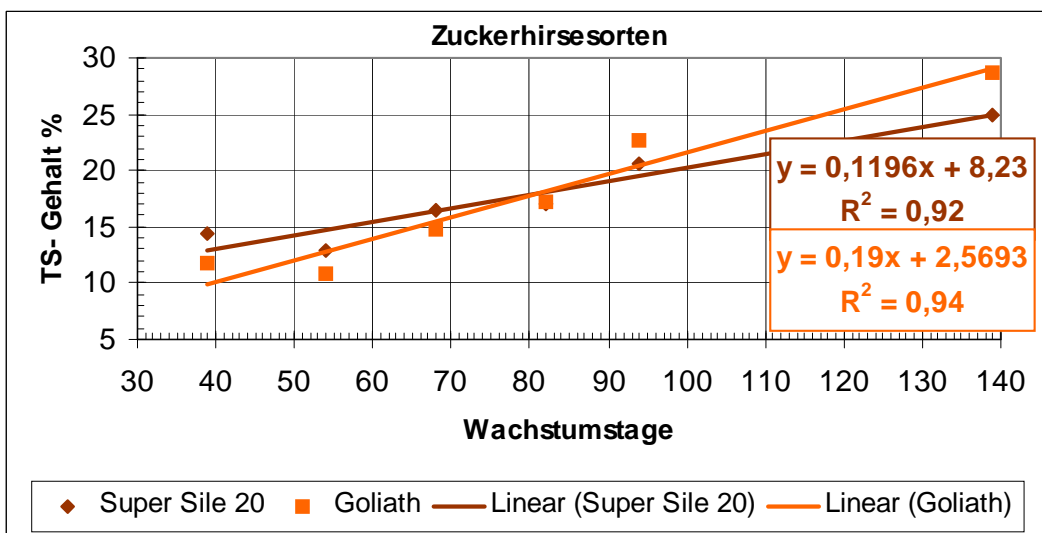


Abbildung 8: Zuwachs an Trockensubstanzgehalt in Abhängigkeit von den Wachstumsstagen im Stadium Blattentwicklung bis Fruchtentwicklung bei Zuckerhirse, Versuchsjahr 2007, Versuchsstandort Trossin

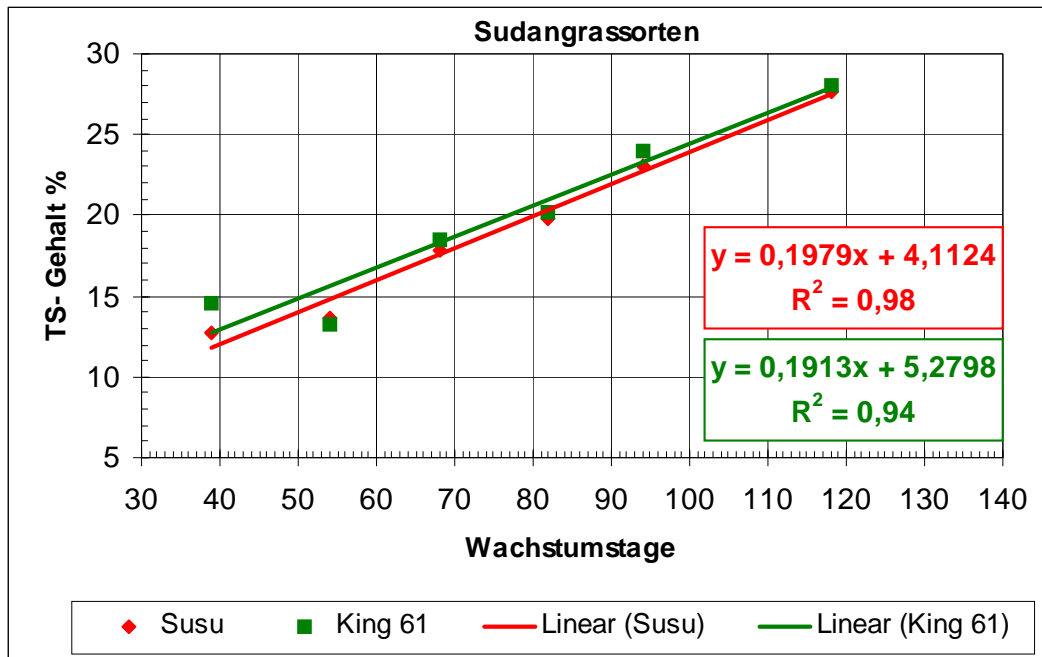


Abbildung 9: Zuwachs an Trockensubstanzgehalt in Abhängigkeit von den Wachstumsstagen im Stadium Blattentwicklung bis Fruchtentwicklung bei Sudangras, Versuchsjahr 2007, Versuchsstandort Trossin

Über frühsaatverträgliche oder mit über ein zeitlich größeres Erntefenster verfügende Sorghumsorten könnten Voraussetzungen für eine höhere Trockensubstanzbildung geschaffen werden. Die Untersuchungen zur Nährstoffkonzentration in der Trockenmasse signalisieren einen hohen Bedarf an Haupt- und Mikronährstoffen zur Ertragsbildung in der Hauptwachstumsphase (Tabellen 19 und 20).

So ist im Entwicklungsstadium „Beginn Blüte“ ein N-Gehalt von 1,4 bis 1,5 % bei Mais- und Sorghumhirsen in der Trockensubstanz anzustreben. Der K-Ernährungszustand sollte bei den Sorten der Sorghumhirsen ca. 1,8 – 2,0 % K in der Trockensubstanz betragen. Betont werden muss auch der hohe Mikronährstoffbedarf (Kupfer, Mangan, Bor) von Mais und Sorghumhirsen in diesem Entwicklungsstadium. Konzentrationen von 7 – 8 mg Kupfer, 25 – 30 mg Mangan und 3 – 5 mg Bor je Kilogramm Trockensubstanz können hier erste Orientierungsgrößen für die Gesamtpflanze darstellen.

Als weitere bewährte Methode zur Beurteilung des Ernährungszustandes ist die Blattdiagnose zu nennen (BERGMANN 1988). Die Untersuchungen zur Konzentration an Makro- und Mikronährstoffen in der pflanzlichen Trockenmasse erlauben die Schlussfolgerung, dass für den Anbau von Mais und Sorghumhirsen Schläge vorzusehen sind, die über einen guten Versorgungszustand (Versorgungsstufe C) an Makro- und Mikronährstoffen verfügen.

Tabelle 19: Entwicklung der Konzentration ausgewählter Nährstoffe in der Trockenmasse (in % TS) im Wachstumsverlauf bei Mais und Sorghumhirsen, Versuchsjahr 2007, Versuchsstandort Trossin

Termin	Entwicklungsstadium	MAIS									
		Lukas					NK Magitop				
		TS	N	P	K	Mg	TS	N	P	K	Mg
		% in TS					% in TS				
26.06.07	7 - 9 Blatt	11,39	3,37	0,33	3,38	0,25	11,61	3,32	0,35	2,95	0,31
11.07.07	10 - 13 Blatt	13,86	2,64	0,30	2,69	0,23	16,20	2,09	0,26	1,92	0,24
25.07.07	Rispenschieben	20,27	1,79	0,18	1,73	0,17	21,62	1,85	0,21	1,74	0,21
08.08.07	Beginn Blüte	21,50	1,44	0,20	1,25	0,16	22,48	1,44	0,21	1,11	0,17
20.08.07	Ende Blüte/ Kornausbildung	24,10	1,26	0,15	1,20	0,10	26,65	1,34	0,17	1,09	0,11
13.09.07	volle Milch-/Teigreife	32,18	1,24	0,20	0,94	0,17	33,49	1,27	0,21	0,95	0,19
		ZUCKERHIRSE									
		Super Sile 20					Goliath				
26.06.07	4 - 6 Blatt	14,34	5,03	0,56	3,96	0,42	11,74	5,11	0,56	4,12	0,46
11.07.07	7 - 9 Blatt	12,98	3,56	0,55	3,46	0,44	10,83	3,86	0,53	3,73	0,46
25.07.07	10 - 13 Blatt	16,50	2,55	0,36	3,08	0,37	14,70	2,36	0,32	3,01	0,33
08.08.07	Rispenschieben	17,50	1,73	0,31	2,15	0,29	17,27	1,51	0,27	2,17	0,26
20.08.07	Ende Blüte, Kornabreife	20,57	1,51	0,23	2,02	0,15	22,65	1,45	0,17	1,91	0,12
04.10.07	Beginn Milchreife	24,31	0,85	0,19	1,17	0,23	28,67	0,87	0,18	1,07	0,20
		SUDANGRAS									
		Susu					King 61				
26.06.07	4 - 6 Blatt	12,77	4,56	0,53	3,89	0,40	14,57	4,30	0,55	3,71	0,38
11.07.07	7 - 10 Blatt	13,58	3,07	0,42	3,01	0,35	13,29	3,52	0,46	3,08	0,41
25.07.07	Beginn Rispenschieben	17,89	2,15	0,29	2,45	0,28	18,54	1,96	0,26	2,29	0,29
08.08.07	Blühbeginn	19,74	1,41	0,24	1,85	0,25	20,25	1,42	0,22	1,63	0,25
20.08.07	Ende Blüte	23,09	1,61	0,19	1,68	0,14	24,01	1,24	0,18	1,52	0,12
04.10.07	Beginn Milchreife	17,64	1,33	0,30	1,76	0,28	28,08	1,16	0,26	1,33	0,25

Tabelle 20: Entwicklung des Mikronährstoffgehaltes im Wachstumsverlauf bei Mais und Sorghumhirsen, Versuchsjahr 2007, Versuchsstandort Trossin

Termin	Tage nach Aussaat	MAIS					
		Lukas			NK Magitop		
		Cu	Mn	B	Cu	Mn	B
	05.05.07	mg/kg TS			mg/kg TS		
26.06.07	52	9,39	40,23	8,10	9,20	50,27	8,09
11.07.07	67	7,95	38,49	6,47	7,86	36,66	5,47
25.07.07	81	5,79	29,72	8,62	6,12	36,70	7,02
08.08.07	95	7,39	25,66	6,09	7,19	26,11	5,21
20.08.07	107	6,06	29,15	4,49	6,09	30,24	3,39
13.09.07	131	4,43	19,83	5,39	4,02	22,41	5,11
		ZUCKERHIRSE					
	18.05.07	Super Sile 20			Goliath		
26.06.07	39	12,18	33,90	5,34	13,28	29,44	4,93
11.07.07	54	11,55	31,93	3,76	11,89	31,68	3,89
25.07.07	68	8,80	35,21	4,87	9,02	30,79	4,79
08.08.07	82	7,64	31,94	3,79	7,51	25,44	3,25
20.08.07	94	6,36	34,81	0,09	6,36	25,54	<0,01
04.10.07	139	5,80	30,06	2,82	6,28	23,66	2,12
		SUDANGRAS					
	18.05.07	Susu			King 61		
26.06.07	39	12,73	32,66	6,25	12,34	34,36	5,71
11.07.07	54	10,90	32,81	3,87	11,32	33,23	3,85
25.07.07	68	8,17	26,62	4,93	6,89	26,91	5,43
08.08.07	82	7,72	27,04	3,53	7,57	27,75	3,13
20.08.07	94	6,36	34,46	0,82	5,91	25,00	0,37
13.09.07	118	7,42	30,93	3,77	7,40	28,44	3,99

3.1.4 Zusammensetzung der Trockenmasse an biogasrelevanten Stoffgruppen

Für die Biogasnutzung kommen Energiepflanzen in Frage, die über hohe Gehalte an leicht vergärbaren Kohlenhydraten, Rohproteinen und Rohfetten verfügen. Im Gegensatz dazu sollten die schwer vergärbaren Rohfasern und die nicht am Gasbildungsprozess beteiligten Mineralstoffe (Rohasche) in möglichst niedriger Konzentration vorliegen. Unter dem Aspekt der Biogasbildung besitzen Mais, aber auch Zuckerhirse und Sudangras ein insgesamt günstiges Zusammensetzungsprofil der Trockenmasse, das durch einen hohen Anteil an gut vergärbaren Kohlenhydraten charakterisiert ist (Tabelle 21). Die Fruchtarten weisen mit ≥ 50 % N-freien Extraktstoffen einen hohen Anteil an gut vergärbaren Kohlenhydraten auf.

Bezogen auf die einzelnen Stoffklassen ergeben sich für die Maissorten gegenüber den Sorghumhirschen Vorteile für den Vergärungsprozess. Sie bestehen in höheren Anteilen an N-freien Extraktstoffen, einem geringeren Rohfaser- und Rohaschegehalt (Tabelle 21).

Der Vergleich macht somit deutlich, dass die Energiemaissorten über ein höheres Potenzial an vergärbaren Stoffgruppen in der Trockensubstanz verfügen. Die Daten machen darüber hinaus deutlich, dass die Sorghumhirschen zum Erntezeitpunkt des vollen Rispenschiebens bis zur Milchreife schon verstärkt zur Lignifizierung der Trockenmasse neigen. Hier ergeben sich Ansätze für die Züchtung spät abreifender Sorten, um das Ertragspotenzial besser ausschöpfen zu können.

Tabelle 21: Inhaltsstoffe der Mais-, Zuckerhirse- und Sudangrassorten für die Biogasbildung, Mittel von vier Standorten (IS, AZ 32-34)

Kultur	Sorte	org. Trocken-substanz	Roh-protein	Roh-fett	Roh-faser	N-freie Extrakt-stoffe	Roh- asche
		% TS					
Mais	Lukas	96,50	6,74	2,42	22,41	64,92	3,50
	NK Magitop	96,56	7,05	2,22	22,76	64,52	3,44
Zucker- hirse	Super Sile 20	94,93	7,13	1,38	32,65	53,78	5,07
	Goliath	95,39	5,93	1,19	36,76	51,51	4,61
Sudan- gras	Susu	94,09	7,97	1,66	32,86	51,59	5,91
	King 61	94,46	7,31	1,41	34,14	51,60	5,54

Im Fazit ist das Potenzial an für die Biogasbildung maßgebenden Stoffklassen bei Zuckerhirse und Sudangras (Ernte volles Rispenschieben/Milchreife) durch Gehalte von 52 % an N-freien Extraktstoffen, 34 % Rohfaser, 7 % Rohprotein und 1,4 % Rohfett in der Trockensubstanz gekennzeichnet.

Für die Energiemaissorten (Ernte Milch-/Teigreife) ist von einem Gehalt an N-freien Extraktstoffen in der Größenordnung von 64 % der TS auszugehen. Rohfasern weisen einen Gehalt von etwa 22 % in der Trockenmasse auf. Rohfett und Rohprotein bestimmen die Zusammensetzung zu 2 % bzw. 6,9 %.

Auf der Grundlage dieser Daten wird der theoretische Biogas- und Methanertrag für die einzelnen Sorten berechnet (Faustzahlen Biogas, 2007). Die so ermittelten Gaserträge sind für eine vergleichende Wertung zwischen den Fruchtarten und Sorten geeignet. Sie sind jedoch nicht auf Praxisverhältnisse zu übertragen, weil keine Transport- und Silierverluste berücksichtigt werden. Ebenso werden durch die theoretischen Berechnungen die komplexen Umsetzungsvorgänge in einer Biogasanlage nur näherungsweise erfasst.

Unter Beachtung dieser Prämissen führen die theoretischen Berechnungen zu dem Ergebnis, dass die Maissorten eine höhere Gas- und Methanausbeute je Kilogramm organische Trockenmasse erzielen als die Sorghumhirsen (Tabelle 22; Anhangstabellen A1 bis A6). Im Vergleich der Sorghumhirsen besitzen wiederum die Zuckerhirsesorten ein höheres Gas- und Methanbildungsvermögen je Kilogramm organische Trockenmasse als die Sudangrassorten.

Tabelle 22: Theoretischer Biogas- und Methanertrag der geprüften Mais-, Zuckerhirse- und Sudangrassorten, Versuchsjahr 2007, Mittel von vier Standorten

Art/Sorte	Gasertrag ¹⁾ l/kg oTM	Methanertrag ¹⁾ l/kg oTM	Methanertrag je Hektar ²⁾ l/ha
Mais			
Lukas	514,37	278,64	4679
NK Magitop	513,35	278,02	4583
Zuckerhirse			
Super Sile 20	482,20	260,28	2714
Goliath	484,50	260,39	3883
Sudangras			
Susu	427,26	256,02	3351
King 61	475,35	256,82	3444

¹⁾ berechnet nach Faustzahlen Biogas, KTBL, Darmstadt, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow, 2007

²⁾ bezogen auf den mittleren Ertrag an organischer TM/ha der Versuchsstandorte

Wesentliche Faktoren für das bessere Abschneiden der Maissorten sind die höhere Flächenleistung an organischer Trockenmasse und die qualitativ bessere Zusammensetzung (besonders N-freie Extraktstoffe) der Biomasse (Tabellen A1 bis A6). In der Hektarleistung der Methanausbeute erreicht die beste Sorghumhirsesorte „Goliath“ 83 % der ertragsstärksten Maissorte „Lukas“. Im Vergleich zu den fruchtartenspezifischen Ertragsrichtwerten der KTBL-Datensammlung Energiepflanzen (2006) sind die Methanerträge der Maissorten (2007) im Bereich eines mittleren Ertragsniveaus angesiedelt. Die Sorte „Goliath“ ist im Bereich eines hohen Methanertragsniveaus innerhalb der Zuckerhirsen einzuordnen. Bezogen auf die Richtwerte beim Sudangras liegen die Methanerträge der Sorten „Susu“ und „King 61“ im mittleren Bereich.

Unter Beachtung der spezifischen Standortbedingungen eines diluvialen anlehmigen Sandbodens mit geringer Ackerzahl ist diese Einstufung in das allgemeine Ertragsniveauraster durchaus ein beachtliches Ergebnis.

3.2 Aussaatstärkeversuch

3.2.1 Standort- und Versuchsbeschreibung

Gegenwärtig orientiert sich die Aussaatstärke bei Sorghumhirsen meist an den allgemeinen Empfehlungen der betreffenden Züchterhäuser. Belastbare standortspezifische Aussagen zur optimalen Aussaatstärke für die einzelnen Arten und Sorten fehlen hingegen noch.

Am Standort Dornburg wurde auf einem Löss-Parabraunerdeboden der Bodenart stark toniger Schluff, Ackerzahl 65, im Jahr 2007 ein Versuch mit variiertem Aussaatstärke bei der Kulturart Zuckerhirse, Sorte Super Sile 18, angelegt.

Die Versuchsfläche ist hinsichtlich des pH-Wertes und pflanzenverfügbaren Nährstoffgehaltes in der Krume als sehr gut (Versorgungsstufe D) einzustufen (Tabelle 23). Der Witterungsverlauf des Versuchsjahres 2007 ist durch überdurchschnittliche Niederschläge und Lufttemperaturen in der Vegetationszeit gekennzeichnet (Abbildung 10).

Im Versuch ist die Saatstärke in vier Abstufungen variiert worden. Dabei wählte man mit Variante 1 (10 kg/ha = 30 Körner/m² bei 30 g TKG) eine praxisübliche Aussaatstärke als Standard. In den Varianten 2 bis 4 wurde diese Aussaatmenge auf 15, 20 und 25 kg/ha gesteigert. Das Ziel des Versuches besteht darin, ob mit dem Aufbau dichter Pflanzenbestände ein wirtschaftlich tragfähiger Ertragszuwachs verbunden ist.

Tabelle 23 : Bodenchemische Kennwerte zum Versuchsbeginn Aussaatstärkenversuch bei Zuckerhirse, Sorte „Super Sile 18“ auf einem sandigen Lehmboden, Standort Dornburg, Versuchsjahr 2007

Parameter	Maßeinheit	Bodentiefe cm	Werte vor Anlage
N _{min}	kg/ha	0 - 30 cm	47,0
N _{min}	kg/ha	30 - 60 cm	63,0
Phosphor (P) (CAL-Auszug)	mg/100g	0 - 20 cm	11,4
Kalium (K) (CAL-Auszug)	mg/100g	0 - 20 cm	18,0
Magnesium Mg (CaCl ₂)	mg/100g	0 - 20 cm	7,8
Humus	%		2,0
pH	--		6,8

Wetterdaten Dornburg

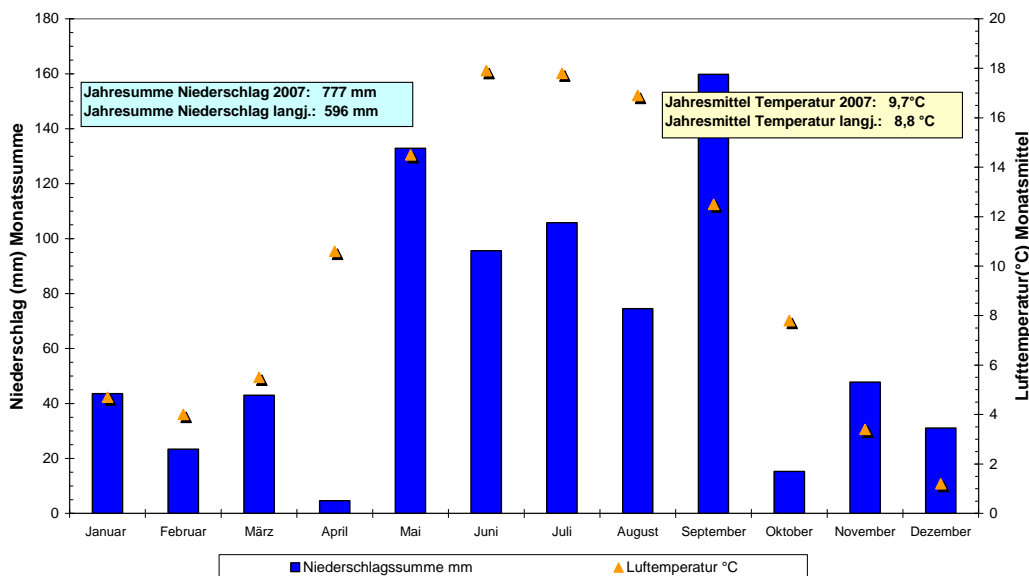


Abbildung 10: Witterungsdaten vom Standort Dornburg, Versuchsjahr 2007

3.2.2 Erträge und Wirtschaftlichkeit

Die Pflanzenbestände der Saatstärkenvarianten wurden zum Stadium der „Teigreife“ nach 157 Wachstumstagen geerntet. Zum Erntezeitpunkt waren im Erntegut ca. 26 % Trockensubstanz eingelagert. Dieser Ertragsparameter zeigte in Abhängigkeit von der variierten Saatstärke keine Veränderung. Für die Frisch- und Trockenmasseerträge konnte jedoch eine starke Zunahme bis zur höchsten geprüften Aussaatmenge (25 kg/ha) nachgewiesen werden. Besonders deutlich fiel dabei die Ertragssteigerung gegenüber der Standardvariante 1 aus. Zwischen den Saatstärkevarianten 2 und 3 waren die Ertragszuwachsrate hingegen geringer. In Variante 4 konnte eine stärkere Ertragszunahme beobachtet werden (Tabelle 24).

Tabelle 24: Einfluss einer steigenden Saatstärke auf den Ertrag von Zuckerhirse, Sorte „Super Sile 18“ am Standort Dornburg (Löss-Parabraunerde; Ackerzahl 65), Versuchsjahr 2007

Variante	Saatstärke kg/ha	Trocken- substanz %	Frisch- masse t/ha	Trocken- masse t/ha	Triebe/Pflanze zur Ernte Anzahl	Wuchshöhe zur Ernte cm
1	10	26,38	48,78	12,87	4,2	188,8
2	15	25,23	59,83	15,13	3,6	212,5
3	20	26,15	60,81	15,90	2,5	212,5
4	25	26,05	64,85	16,87	1,9	245,0

Der positive Ertragseffekt der Saatstärke beruhte vor allem auf der dadurch ausgelösten Zunahme der Bestandesdichte je Hektar und Steigerung der Wuchshöhe je Einzelpflanze. Die Anzahl der Triebe je Einzelpflanze nahm mit wachsender Aussaatstärke erheblich ab (Tabelle 24). Die positive Ertragsentwicklung dieser sehr dichten Pflanzenbestände ist sicherlich auch im Zusammenhang mit der günstigen Niederschlagsverteilung 2007 und der hohen nutzbaren Feldkapazität des Lössstandortes zu erklären. In dem während der Sommer- und Herbstmonate extrem warmen und trockenen Witterung im Jahr 2006 konnte am Standort Dornburg ebenfalls ein Ertragszuwachs mit steigenden Saatstärken bei Zuckerhirse nachgewiesen werden. Die geringe positive Ertragsentwicklung steigender Aussaatmengen am Standort Heßberg (Vorgebirgslage, V3a1 Bergtonstaugley, Ackerzahl 43, LT, Höhenlage 380 m, 760 mm Jahresniederschlagssumme, 7,1 °C Jahresdurchschnittstemperatur) belegt, dass eine standortspezifische Bemessung der Aussaatstärke erforderlich ist (Tabelle 25).

Tabelle 25: Einfluss der Saatstärke auf den Trockenmasseertrag von Zuckerhirse Sorte „Super Sile 18“ Versuchsstationen Dornburg und Heßberg, Versuchsjahr 2006

Variante	Saatstärke kg/ha	Dornburg	Heßberg
		Trockenmasse t/ha	
1	10	13,91	18,23
2	15	17,41	17,79
3	20	15,81	18,36
4	25	17,55	16,80
GD [t, 5 %]		1,80	2,02

Auf Lehm- und sandigen Lehmböden konnte durch die erhöhte Aussaatstärke im Mittel der Standorte und Jahre (2005 - 2006) ein signifikanter Mehrertrag an Trockenmasse je Hektar und eine Zunahme des Trockensubstanzgehaltes ermittelt werden. Die Aussaat wurde von 15 auf 25 und 30 Körner je m² gesteigert (RECKNAGEL 2007). Aus den vorliegenden Ergebnissen (Tabellen 24 und 25) sowie der Literatur ist abzuleiten, dass mindestens 10 kg/ha (30 keimfähige Körner/m²) zu drillen sind, um ertragreiche Bestände auf fruchtbaren Lössböden aufzubauen. Wie REICHARDT, DEBRUCK, RUMPLER 2005 zeigen konnten, reagierte auch das Sudangras auf einem Lössstandort positiv auf eine erhöhte Saatstärke (8, 16, 25 kg/ha).

Im Versuchsjahr 2007 konnte unter Annahme marktüblicher Preise für Saatgut und Silage ein beachtlicher Mehrerlös durch die Erhöhung der Aussaatstärke erzielt werden (Tabelle 26). Dieses Ergebnis ist im Zusammenhang mit den jahresspezifisch günstigen Wachstumsvoraussetzungen eines ausreichenden Wasser- und Wärmeangebotes zu werten. Unterstellt man für die Silage das hohe Preisniveau (90 €/tTM), sind durch die Saatstärkenanhebung um 5 kg/ha gegenüber dem Standard von 10 kg /ha mindestens Mehrerträge von 1,5 t TM/ha zur Kostendeckung notwendig.

Die erzielten Resultate sind durch weitere Standortprüfungen zur Saatstärkeoptimierung abzusi-
chern und zu erweitern.

**Tabelle 26: Wirtschaftlichkeit der Saatstärkenerhöhung Basis Saatstärkenversuch Dorn-
burg, 2007**

Variante Saatstärke kg/ha	Saatgut- kosten ¹⁾ €/ha	Ernte- faktor	Mehrertrag t TM/ha	Mehrerlöse Silagepreis ²⁾	
				90 €/t TM €/ha	70 €/t TM €/ha
2007					
10	80	1,0	--	--	--
15	132	1,1	2,26	203,4	158,2
20	192	1,2	3,03	272,7	212,1
25	260	1,3	4,00	360,0	280,0
2006					
10	80		--	--	--
15	132		3,50	315,0	245,0
20	192		1,90	171,0	133,0
25	260		3,64	328,0	255,0

¹⁾ Saatgutpreis 8 €/kg und Mehrkosten für Ernte und Transport (Faktor 1,1 - 1,3)

²⁾ Silagepreis frei Silo

3.2.3 Nährstoffgehalte

Die Nährstoffgehalte in der Trockensubstanz verändern sich unter dem Einfluss unterschiedlicher
Saatstärken nur geringfügig (Tabelle 27). In der mineralischen Zusammensetzung der Trocken-
masse bilden Stickstoff (N) und Kalium (K) die Hauptkomponenten. Hier deuten die allerdings nur
einjährigen Ergebnisse an, dass sich mit dem Aufbau dichter Bestände leicht erhöhte N- und K-
Konzentrationen in der Trockenmasse einstellen. Bei den weiteren analysierten Makro- und Mikro-
nährstoffen ist dies nicht so klar erkennbar. Auf Grund der Ertragszunahme haben steigende Aus-
saatstärken aber deutlich erhöhte Entzüge an essentiellen Makro- und Mikronährstoffen je Hektar
zur Folge (Tabelle 27).

Tabelle 27: Nährstoffgehalte und Entzüge im Erntegut der Zuckerhirse (Sorte „Super Sile 18“), Saatstärkenversuch Standort Dornburg, (Löss-Parabraunerde; Ackerzahl 65), Versuchsjahr 2007

Variante	Saatstärke kg/ha	Inhaltsstoffe in der TS						
		N	P	K	Mg	Cu	Mn	B
		%				mg/kg		
1	10	1,42	0,28	1,53	0,17	9,86	25,66	3,90
2	15	1,40	0,29	1,57	0,18	10,06	24,79	4,11
3	20	1,51	0,29	1,59	0,18	9,97	27,36	4,08
4	25	1,46	0,29	1,55	0,18	9,55	24,84	3,98
Variante	Saatstärke kg/ha	Entzüge						
		N	P	K	Mg	Cu	Mn	B
		kg/ha				g/ha		
1	10	172,4	33,5	185,3	20,6	119,7	311,4	47,4
2	15	199,7	40,8	223,9	25,7	143,7	354,0	58,7
3	20	225,8	42,9	238,5	27,0	149,5	410,2	61,2
4	25	232,9	45,6	246,4	28,7	151,9	394,9	63,3

Diese erhöhten Entzugswerte sind beim Düngungsregime und der Inanspruchnahme der pflanzenaufnehmbaren Nährstoffreserven im Boden (Reproduktion der Fruchtbarkeitskennziffern) unbedingt zu beachten. Auf die Kontrolle des optimalen Versorgungsniveaus an Mikronährstoffen ist dabei besonders im Sorghumhirseanbau mit höheren Bestandesdichten hinzuweisen.

3.3 Herbizidprüfung

Die Anwendung herbizider Mittel ist in der Jugendentwicklung der Sorghumhirsen notwendig, um ein zügiges Wachstum der Kulturpflanzen zu sichern. Besonders bei kühl-feuchter Witterung ist mit einem sehr langsamen Aufwuchs der wärmeliebenden Sorghumhirsen zu rechnen. Unkräuter können unter solchen Bedingungen einen erheblichen Konkurrenzdruck auf den Kulturpflanzenbestand auslösen.

Zweijährige Erprobungsergebnisse (2006 und 2007) zur Herbizidprüfung sollen einen Beitrag für eine effiziente und umweltfreundliche Unkrautregulierung leisten. Der Versuch wurde mit der Sorte „Susu“ (Sudangras) auf einem stark lehmigen Sand (SL) der Standorteinheit Lö4, Ackerzahl 45 durchgeführt. Zur Prüfung gelangten 9 Herbizide (Tabellen 28 und 30). Die Applikation der Mittel erfolgte im 3 bis 5- Blattstadium der Kulturpflanze. Das Präparat „Artett“ applizierte man zusätzlich

in drei abgestuften Aufwandmengen, die übrigen Mittel wurden jeweils in einer praxisüblichen Gabe dosiert.

Das Unkrautspektrum am Versuchsstandort besteht hauptsächlich aus zweikeimblättrigen Unkräutern, aber auch so genannte Unkrauthirsen sind vertreten (Tabelle 32). Der Bedeckungsgrad durch Unkräuter und das Entwicklungsstadium war in beiden Versuchsjahren ähnlich. Das Entwicklungsstadium der Unkräuter zum dargestellten Boniturtermin reichte meist von der Bildung der Blütenanlagen bis Blühbeginn. Lediglich die Samtpappel (*Abutilon theophrasti*) befand sich in einem jüngeren Entwicklungsstadium (Bildung des dritten und vierten Laubblattes).

In der Unkrautbekämpfung entfalteten die Präparate „U 46 D-Fluid“, „Click“, „Certrol B“, „Artett“ die stärkste Breitbandwirkung, mit Ausnahme der Unkrauthirsen (Borstenhirsens, Gewöhnliche Hühnerhirse). Diese hirseartigen Unkräuter werden gut durch „Dual Gold“ und „Spectrum“ bekämpft. Beim Herbizid „Artett“ kann aus der Sicht des Wirkungsgrades von den geprüften Gaben die niedrigste Aufwandstufe (2,5 l/ha) empfohlen werden.

Die höheren Gaben führten zu keiner Wirkungsverbesserung. Eine Schädigung der Kulturpflanzen ist bis auf eine leichte Blattnekrose (Certrol B) und Blattvergilbungen (Artett, U 46 D-Fluid) nicht zu verzeichnen (Tabellen 29 und 31).

**Tabelle 28: Unkrautbekämpfung im Herbizidversuch zu Sudangras Standort SL, LÖ4, Ackerzahl 45, Sorte „Susu“, Versuchsjahr 2006
Boniturtermin: 04.07.2006**

Variante		Aufwand- menge	herbizide Wirkung (%) in behandelt						Mittel
			Deckungsgrad (%) in unbehandelt						
		CHEAL	GASS	THLAR	SOLNI	CAPBP	SETGL		
		I, kg/ha	59	55	75	61	75	37-59	
1	unbehandelte Kontrolle	--	3	6	2	3	5	4	3,8
2	Basagran	2,0	5	5	46	100	45	0	33,5
3	Certrol B	1,5	94	96	86	75	79	0	71,6
4	Mais-Banvel WG	0,5	88	93	48	81	0	19	54,8
5	Artett	3,5	100	99	100	100	100	0	83,2
6	Artett	3,0	100	94	100	100	100	0	82,3
7	Artett	2,5	99	91	100	100	100	0	81,6
8	Stomp SC	2,5	99	0	93	83	71	0	57,7
9	Dual Gold	1,2	13	44	0	25	0	100	30,3
10	Click	1,5	99	95	100	100	100	13	84,5
11	Spectrum	1,2	18	51	0	25	0	88	30,3
12	U 46 D-Fluid	1,5	95	88	96	85	71	13	74,6

¹⁾ Blockanlage mit 4 Wiederholungen, Vorfrucht Lieschgras, Aussaat: 16.05.2006, Auflauf: 24.05.2006

Behandlungstermin: 20.06.2006, Kultur BBCH: 15

Tabelle 29: Unkrautbekämpfung im Herbizidversuch zu Sudangras- Bonitur Schäden an den Kulturpflanzen Standort SL, Lö4, Ackerzahl 45, Sorte „Susu“, Versuchsjahr 2006

Variante		Aufwandmenge l, kg/ ha	Schäden an den Kulturpflanzen (%)						
			Bonitur vom 26.06.2006 BBCH 16-17		Bonitur vom 04.07.2006 BBCH 23-24				
			Schäden	Ausdünnung	Schäden	Ausdünnung			
1	unbeh. Kontrolle	--	--	--	--	--	--	--	--
2	Basagran	2,0	0	0	0	0	0	0	0
3	Certrol B	1,5	0	0	0	0	0	0	0
4	Mais-Banvel WG	0,5	0	0	0	0	0	0	0
5	Artett	3,5	0	0	0	0	0	0	0
6	Artett	3,0	0	0	0	0	0	0	0
7	Artett	2,5	0	0	0	0	0	0	0
8	Stomp SC	2,5	0	0	0	0	0	0	0
9	Dual Gold	1,2	0	0	0	0	0	0	0
10	Click	1,5	0	0	0	0	0	0	0
11	Spectrum	1,2	0	0	0	0	0	0	0
12	U 46 D-Fluid	1,5	0	0	0	0	0	0	0
			Ertrag Trockenmasse		Mehrertrag	Tukey-Test	Ertrag Frischmasse	Kosten	
			dt/ha	rel.	dt/ha		dt/ha	€/ha	
1	unbeh. Kontrolle	--	145,1	100	--	A	320,5	--	
2	Basagran	2,0	157,0	108	11,9	A	330,3	61	
3	Certrol B	1,5	162,4	112	17,3	A	362,0	36	
4	Mais-Banvel WG	0,5	152,7	105	7,6	A	330,8	34	
5	Artett	3,5	143,3	99	-1,8	A	323,8	69	
6	Artett	3,0	162,9	112	17,8	A	351,8	61	
7	Artett	2,5	166,2	115	21,1	A	365,3	52	
8	Stomp SC	2,5	156,2	108	11,1	A	346,8	40	
9	Dual Gold	1,2	155,3	107	10,2	A	330,5	31	
10	Click	1,5	163,7	113	18,6	A	357,8	-	
11	Spectrum	1,2	153,4	106	8,3	A	343,5	-	
12	U 46 D-Fluid	1,5	176,8	122	31,7	A	389,0	20	
					<i>GD t 5%</i>				34,1
					<i>s%</i>				8,7

Bemerkungen:

Während des gesamten Versuchszeitraumes traten keine Schädigungen an den Kulturpflanzen auf.

Tabelle 30: Unkrautbekämpfung im Herbizidversuch zu Sudangras Standort SL, Lö4, Ackerzahl 45, Sorte „Susu“, Versuchsjahr 2007, Boniturtermin: 20.06.2007

Variante		Aufwand- menge	herbizide Wirkung (%) in behandelt Deckungsgrad (%) in unbehandelt							Mittel
			ABUTH	GASS	THLAR	CAPBP	ECHCG	DATSS	AMARE	
		I, kg/ha	BBCH-Stadium Unkraut							
			14-18	61	73	73	49	51-61	51	
1	unbehandelte Kontrolle	--	10	8	4	3	9	3	6	6,1
2	Basagran	2,0	95	70	100	100	0	98	54	73,8
3	Certrol B	1,5	93	99	100	100	0	100	100	84,6
4	Mais-Banvel WG	0,5	97	99	100	35	0	100	100	75,8
5	Artett	3,5	100	100	100	100	23	100	100	89,0
6	Artett	3,0	100	100	100	100	5	100	100	86,4
7	Artett	2,5	99	100	100	100	0	100	100	85,6
8	Stomp SC	2,5	76	13	5	0	39	85	94	44,6
9	Dual Gold	1,2	5	89	0	0	90	5	0	27,0
10	Click	1,5	94	100	100	100	0	50	100	77,7
11	Spectrum	1,2	0	90	5	0	73	0	0	24,0
12	U 46 D-Fluid	1,5	97	97	100	100	0	95	99	84,0

¹⁾ Blockanlage mit 4 Wiederholungen, Vorfrucht Mais, Aussaat: 07.05.2007, Auflauf: 19.05.2007

Behandlungstermin: 31.05.2007, Kultur BBCH: 13-14

Tabelle 31: Unkrautbekämpfung im Herbizidversuch zu Sudangras- Bonitur Schäden an den Kulturpflanzen Standort SL, LÖ4, Ackerzahl 45, Sorte „Susu“, Versuchsjahr 2007

Variante		Aufwandmenge l, kg/ ha	Schäden an den Kulturpflanzen (%)				
			Bonitur vom 05.06.2007 BBCH 13-15		Bonitur vom 20.06.2007 BBCH 23-24		
			Schaden	Ausdünnung	Schaden	Ausdünnung	
1	unbeh. Kontrolle	--	--	--	--	--	
2	Basagran	2,0	0	0	0	0	
3	Certrol B	1,5	BN 14	0	0	0	
4	Mais-Banvel WG	0,5	0	0	0	0	
5	Artett	3,5	10	0	0	0	
6	Artett	3,0	BC 13	0	0	0	
7	Artett	2,5	BC 13	0	0	0	
8	Stomp SC	2,5	0	0	0	0	
9	Dual Gold	1,2	0	0	0	0	
10	Click	1,5	0	0	0	0	
11	Spectrum	1,2	0	0	0	0	
12	U 46 D-Fluid	1,5	BC 1	0	0	0	
			Ertrag Trockenmasse		Mehrertrag dt/ha	Tukey-Test	Ertrag Frischmasse dt/ha
			dt/ha	rel.			
1	unbeh. Kontrolle	--	83,1	100	--	A	272,3
2	Basagran	2,0	102,6	123	19,5	AB	346,6
3	Certrol B	1,5	102,3	123	19,2	AB	355,0
4	Mais-Banvel WG	0,5	98,1	118	15,0	AB	326,4
5	Artett	3,5	106,4	128	23,4	AB	354,9
6	Artett	3,0	109,7	132	26,6	B	351,1
7	Artett	2,5	114,1	137	31,1	B	378,0
8	Stomp SC	2,5	104,3	126	21,3	AB	343,3
9	Dual Gold	1,2	98,0	118	15,0	AB	329,3
10	Click	1,5	113,9	137	30,8	B	371,8
11	Spectrum	1,2	99,1	119	16,1	AB	331,7
12	U 46 D-Fluid	1,5	93,9	113	10,9	AB	327,7
			GD t 5%		23,8		
			s%		9,4		

Bemerkungen:

Kulturpflanzenschäden: BN = Nekrosen an den Blatträndern; BC = Aufhellungen der Blätter

Gemessen am Mehrertrag und den dafür erforderlichen Kosten bilden „U 46 D-Fluid“ und „Artett“ bei niedriger Dosierung die Vorzugsvarianten gegen zweikeimblättrige Unkräuter. Festzustellen ist weiter, dass die geprüften Herbizidpräparate sich insgesamt durch einen signifikanten Mehrertrag gegenüber der unbehandelten Kontrolle auszeichnen. Dies unterstreicht den Vorteil des Herbizideinsatzes im Anbau von Sorghumhirsen.

Tabelle 32: Unkrautspektrum im Herbizidversuch zu Sudangras Standort SL, LÖ4, Ackerzahl 45, Sorte „Susu“, Versuchsjahre 2006 und 2007

CODE	Unkraut	
	Deutsche Bezeichnung	Lateinischer Name
	2006	
CHEAL	Weißer Gänsefuß	<i>Chenopodium album</i>
THLAR	Acker-Hellerkraut	<i>Thlaspi arvense</i>
SOLNI	Schwarzer Nachtschatten	<i>Solanum nigrum</i>
CAPBP	Hirtentäschelkraut	<i>Capsella bursa pastoris</i>
SETGL	Borstenhirsen	<i>Setaria species</i>
2007		
ABUTH	Samtpappel	<i>Abutilon theophrasti</i>
GASSS	Franzosenkraut-Arten	<i>Galinsoga species</i>
THLAR	Acker-Hellerkraut	<i>Thlaspi arvense</i>
CAPBP	Hirtentäschelkraut	<i>Capsella bursa pastoris</i>
ECHCG	Gewöhnliche Hühnerhirse	<i>Echinochloa crus-galli</i>
DATSS	Stechapfel-Arten	<i>Datura species</i>
AMARE	Zurückgebogener Amaranth	<i>Amaranthus retroflexus</i>

4 Handlungsbedarf

Die Untersuchungen im Projektzeitraum 2004 bis 2007 haben zu ersten repräsentativen Aussagen und Empfehlungen in der Anbautechnik und Bestandsführung der Sorghumhirsen geführt. Sie machen aber auch deutlich, dass noch empfindliche Lücken und Optimierungsbedarf bei der weiteren Ausschöpfung des Ertragspotenzials bestehen.

Im Einzelnen sind die standortbezogenen Sortenprüfungen unter Einbeziehung neuer Sorten für die unterschiedlichen diluvialen Böden zu vertiefen und zu erweitern, um für differenzierte Standortverhältnisse die Sortenempfehlungen weiter zu qualifizieren.

Mangelnde Kenntnisse bestehen in der Anbautechnik bei der optimalen Saatstärke/Reihenweite für die Zuckerhirse- und Sudangrassorten. Hier deuten die vorliegenden ersten Ergebnisse erhebliche Ertragsreserven an. Anbauerfahrungen mit Sorghumhirse bei nicht wendender Bodenbearbeitung sind standortbezogen noch zu untersuchen.

Ebenso sind die Ansätze differenzierter Saatzeiten für diese Arten weiter auszuloten, um neue und erweiterte Einordnungsmöglichkeiten in Fruchtfolgen zu schaffen. Mit Blick auf den Klimawandel ist dies höchst bedeutsam.

Für die Unkrautbekämpfung in Sorghumhirsebeständen ist das Mittelspektrum gegen Unkrauthirsens zu erweitern. Dies gewährleistet eine stabile Jugendentwicklung der Kulturen, besonders bei Konstellationen mit hohem Unkrautdruck.

Die ökologischen Wirkungen und Vorteile der Sorghumhirsens sind im gemäßigten Klimaraum noch unzulänglich belegt. Über gezielte Lysimeterversuche zur Nährstoff- und Wassernutzungseffizienz sind hier entsprechende Aussagen zu erzielen. Aus dieser Sicht sind auch standort- und sortenbezogene Nährstoffbilanzen bedeutsam. Völlig offen sind derzeit die Kenntnisse über die Nährstoff- und Humuswirkung der Gärrückstände von Sudangras und Zuckerhirse.

Aus der bisherigen Sortenbewertung ist die Züchtung im Bereich Sorghumhirsens für die Biogasnutzung verstärkt auf frühsaatverträgliche bzw. Sorten mit erweitertem Erntefenster (späte Reifegruppen) zu orientieren. Auf diese Weise könnte ein Beitrag geleistet werden, einen höheren TS-Gehalt zu erzielen und die vorhandenen diesbezüglichen Defizite gegenüber Energiemais abzubauen. Insgesamt sind auf Grund der bisherigen Arbeiten die Schwerpunkte in der Optimierung der Anbautechnik zu sehen.

Verbundvorhaben, die arbeitsteilig die aufgezeigten komplexen Aufgabenfelder untersuchen, sind dabei ein geeigneter Weg, sehr effizient die notwendigen Fortschritte für die Anbaupraxis zu erzielen. Über diesen Ansatz sind mit den Kulturen Sudangras und Zuckerhirse noch erhebliche Ertragsreserven zu erschließen, besonders für trockene Standorte. Diese Kulturen können das zurzeit noch enge Artenspektrum für Energiepflanzen, gerade für Trockenstandorte, zur Biogasproduktion erweitern.

Ein wichtiger Fakt ist die weitere Bonitur der Krankheitsanfälligkeit. Hier gilt es, die ersten Beobachtungen bezüglich geringerer Krankheitsanfälligkeiten (Maiszünsler, Maisbeulenbrand) bei den Sudangräsers und Hirsens an größeren Stichproben unter Einbeziehung von Praxisflächen weiter zu verifizieren.

5 Zusammenfassung

- Der standortbezogene Sortenversuch 2007 mit Mais und Sorghumhirse führte zu dem Ergebnis, dass insgesamt unter witterungsgünstigen Bedingungen ein hohes Ertragsniveau von 14 – 19 t TM/ha auf den leichten Böden erreicht wurde.
- Von den geprüften Arten und Sorten realisierten die Maissorten „NK Magitop“ und „Lukas“ die höchsten Erträge (17 t TM/ha) auf den einzelnen Standorten. Unter den Sorghumhirsens kristallisierte sich die Zuckerhirsensorte „Goliath“ mit einem hohen Ertragsniveau (16 t TM/ha) heraus. Sie erreichte somit ca. 90 % der Maiserträge. Von den geprüften Sudangrassorten erwiesen sich im Mittel „King 61“ und „Susu“ als gleichwertig (14 t TM/ha). Beide Sorten können etwa 80 % des Maisertrages im Durchschnitt der Standorte nachweisen.

- Die im Vergleich zum Mais (32 % TS) geringeren Trockensubstanzgehalte der Sorghumsorten (23 – 27 % je nach Sorte) zur Ernte zeigen Ertragsreserven auf.
- Auf den einzelnen Standorten durchgeführte Nährstoffbilanzen (N) kennzeichnen sowohl den Mais als auch die Sorghumhirsen bei der erfolgten moderaten N-Düngung mit einem geringen N_{\min} -Restgehalt nach der Ernte. Er ist mit etwa 15 – 25 kg N/ha in der Bodentiefe 0 – 60 cm als sehr gering einzustufen.
- Erste Ergebnisse zur Aussaatstärke lassen bei Zuckerhirse durch Anhebung der Saatstärke von 10 kg/ha auf 20 kg/ha auf besseren Böden einen wirtschaftlichen Ertragszuwachs erkennen.
- Untersuchungen zur Herbizidstrategie in Zuckerhirsebeständen zeigen, dass neben „Certrol B“ auch „U 46 D-Fluid“ sehr wirksam ist. Für hirseartige Unkräuter sind „Dual Gold“ und „Spectrum“ geeignet.
- Bezüglich der Anbautechnik wurde der gegenwärtige Wissensstand bei den Sorghumhirsen umgesetzt mit Aussaatstärken von 10 kg/ha (\cong 30 Körner/m²) bei Zuckerhirse und 20 kg/ha bei Sudangras sowie der Anwendung des Herbizids „Certrol B“ 1,0 bis 1,5 l/ha. Dabei erfolgte die Aussaat von Mais um ca. 9 – 15 Tage früher als die der Sorghumhirsen.
- Die Anzahl der Wachstumsstage (Aussaat – Ernte) bewegte sich im Mittel der Standorte zwischen 122 und 130 Tagen bei Zuckerhirse und 122 Tagen bei Sudangras. Mais erreichte 133 Wachstumsstage. Das BBCH-Stadium betrug bei den Maissorten zur Ernte „frühe Teigreife“ bis „Teigreife“ (Silomais). Die Zuckerhirsensorten hatten zur Ernte erst das BBCH-Stadium der „Milchreife“ und die Sudangrassorten das Stadium der „vollen Milch- und beginnenden Teigreife“ erreicht. Ansätze zur Ausschöpfung des Ertragspotenzials sind in der Züchtung frühsaatverträglicher Hirsensorten zu sehen.
- Die Mais- und Sorghumhirsensorten enthalten in der Trockenmasse hohe Anteile (50 – 60 %) an leicht vergärbaren Kohlenhydraten (N-freie Extraktstoffe). In der Zusammensetzung der an der Umsetzung zu Biogas beteiligten Stoffklassen der Trockensubstanz weisen die Maissorten gegenüber den Sorghumhirsen Vorteile auf.

6 Literatur

- BERGMANN, W. (1988): Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen- Entstehung , visuelle und analytische Diagnose. Gustav- Fischer- Verlag, 2. erw. und neu gestaltete Auflage
- CHATZIATHANASSION, A., CHRISTON, M., ALEXOPOULOU, E., ZAFIRIS, C. (1998): Biomass and Sugar yield of sweet sorghum in greece.- In: Biomass for Energy and Industry, 10 th European Conference and Technology Exhibition Proceedings of International Conference Würzburg, Germany. 8-11 June 1998, S. 209-212
- CONRAD, M. (2006): Was können Sudangras, Zuckerhirse und Co?? Ergebnisse des Verbundvorhabens „Energiepflanzen für die Biogasproduktion“, gefördert durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Gülzow, 12. Thüringer Bioenergietag, 11/2006, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft

- ECKL, H. u. a. (2006): Energiepflanzen. KTBL-Datensammlung mit Internetangebot, Hrsg. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt, Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Potsdam
- KÖHLER, B., KOLBE, H. (2007): BEFU-Teil Ökologischer Landbau. Methoden der Bilanzierung und Düngungsbemessung. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, S. 35
- KTBL- Datensammlung (2007): Faustzahlen Biogas
- LEIBLE, L. (1986): Ertragspotenziale von Topinambur (*Helianthus tuberosus* L., Zuckerhirse (*Sorghum bicolor* (L.) Moench und Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.) für die Bereitstellung fermentierbarer Zucker resp. Öl unter besonderer Berücksichtigung der N- Düngung. Diss. Univ. Hohenheim
- LEIBLE, L., KAHNT, G. (1991): Untersuchungen zum Einfluss von Standort, Saatstärke, N-Düngung, Sorte und Erntezeitpunkt auf den Ertrag und die Inhaltsstoffe von Zuckerhirse. *Journal Agronomy & Crop Science*, 166
- LIEBHARD, P. (1988): Zuckerhirse (*Sorghum saccharatum* L.) – ein nachwachsender Rohstoff für die Bioalkoholerzeugung. *Bodenkultur* 39, S. 15-36
- RECKNAGEL, J. (2007): Biogas- Energiepflanzen- Versuch: Ertragsergebnisse der Jahre 2004 – 2006 von drei Standorten in Baden-Württemberg: Rheinebene-Hohenlohe-Oberschwaben. Hrsg.: Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), Außenstelle Müllheim, Ref. 11, Allgemeiner Pflanzenbau
- REICHARDT, I., DEBRUCK, J., RUMPLER, J. (2005): Sudangras als Kosubstrat für die Vergärung - Versuchsergebnisse der LLFG
- RÖHRICHT, C.; ZANDER, D. (2007): Anbau und Nutzung von Energiehirse als Alternative für ertragschwache Standorte in Trockengebieten Deutschlands. Teilvorhaben des Verbundvorhabens: Energiepflanzen für die Biogasproduktion. Förderkennzeichen: 22011502 der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow, Berichtszeitraum: 24.05.2004 – 31.12.2006

http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1034707_11/index.html

Anhang

Tabelle A-1: Berechnung der theoretischen Biogas- und Methanerträge für ausgewählte Mais-, Zuckerhirse- und Sudangrassorten, Versuchsjahr 2007 (Berechnungsgrundlage Faustzahlen Biogas, KTBL, 2007)

Mais	Rohprotein g/kg TM	Rohfett g/kg TM	Rohfaser g/kg TM	N- freie Ex- traktstoffe g/kg TM	Gesamt- summe
Lukas	67,36	24,25	224,14	649,24	
VQ %	57	82	63	78	
abgebaute In- haltsstoffe g/kg TM	38,40	19,88	141,21	506,41	
o TM %	96,50				
g/kg o TM	37,05	19,19	136,26	488,68	
spez. Gasertrag l/kg oTM	650	1125	750		
spez. Methan- gehalt %Vol.	72,5	70,0	52,5		
Biogasertrag l/kg oTM	24,08	21,58	468,71		514,37
Methanertrag l/kg oTM	17,46	15,11	246,07		278,64

Tabelle A-2: Berechnung der theoretischen Biogas- und Methanerträge für ausgewählte Mais-, Zuckerhirse- und Sudangrassorten, Versuchsjahr 2007 (Berechnungsgrundlage Faustzahlen Biogas, KTBL, 2007)

Mais	Rohprotein g/kg TM	Rohfett g/kg TM	Rohfaser g/kg TM	N- freie Ex- traktstoffe g/kg TM	Gesamt- summe
NK Magitop	70,46	22,24	227,65	625,23	
VQ %	57	82	63	78	
abgebaute In- haltsstoffe g/kg TM	40,16	18,24	143,42	503,28	
o TM %	96,53				
g/kg o TM	38,78	17,61	138,48	485,96	
spez. Gasertrag l/kg oTM	650	1125	750		
spez. Methan- gehalt %Vol.	72,5	70,0	52,5		
Biogasertrag l/kg oTM	25,21	19,61	470,59		513,35
Methanertrag l/kg oTM	18,28	13,87	247,06		278,02

Tabelle A-3: Berechnung der theoretischen Biogas- und Methanerträge für ausgewählte Mais-, Zuckerhirse- und Sudangrassorten, Versuchsjahr 2007 (Berechnungsgrundlage Faustzahlen Biogas, KTBL, 2007)

Zuckerhirse	Rohprotein g/kg TM	Rohfett g/kg TM	Rohfaser g/kg TM	N- freie Ex- traktstoffe g/kg TM	Gesamt- summe
Super Sile 20	71,29	13,76	326,48	537,76	
VQ %	57	82	63	78	
abgebaute In- haltsstoffe g/kg TM	40,64	11,28	205,68	419,45	
o TM %	94,93				
g/kg o TM	38,58	10,71	195,25	398,18	
spez. Gasertrag l/kg oTM	650	1125	750		
spez. Methan- gehalt %Vol.	72,5	70,0	52,5		
Biogasertrag l/kg oTM	25,07	12,05	445,07		482,20
Methanertrag l/kg oTM	18,18	8,43	233,66		260,28

Tabelle A-4: Berechnung der theoretischen Biogas- und Methanerträge für ausgewählte Mais-, Zuckerhirse- und Sudangrassorten, Versuchsjahr 2007 (Berechnungsgrundlage Faustzahlen Biogas, KTBL, 2007)

Zuckerhirse	Rohprotein g/kg TM	Rohfett g/kg TM	Rohfaser g/kg TM	N- freie Ex- traktstoffe g/kg TM	Gesamt- summe
Goliath	59,34	11,89	367,58	515,06	
VQ %	57	82	63	78	
abgebaute In- haltsstoffe g/kg TM	33,82	9,75	231,57	401,75	
o TM %	95,39				
g/kg o TM	32,26	9,30	220,89	383,21	
spez. Gasertrag l/kg oTM	650	1125	750		
spez. Methan- gehalt %Vol.	72,5	70,0	52,5		
Biogasertrag l/kg oTM	20,97	10,46	453,07		484,50
Methanertrag l/kg oTM	15,20	7,32	237,86		260,39

Tabelle A-5: Berechnung der theoretischen Biogas- und Methanerträge für ausgewählte Mais-, Zuckerhirse- und Sudangrassorten, Versuchsjahr 2007 (Berechnungsgrundlage Faustzahlen Biogas, KTBL, 2007)

Sudangras	Rohprotein g/kg TM	Rohfett g/kg TM	Rohfaser g/kg TM	N- freie Ex- traktstoffe g/kg TM	Gesamt- summe
Susu	79,69	16,63	328,60	515,93	
VQ %	57	82	63	78	
abgebaute In- haltsstoffe g/kg TM	45,42	13,64	207,02	402,42	
o TM %	94,09				
g/kg o TM	42,74	12,83	194,77	378,62	
spez. Gasertrag l/kg oTM	650	1125	750		
spez. Methan- gehalt %Vol.	72,5	70,0	52,5		
Biogasertrag l/kg oTM	27,78	14,44	430,05		427,26
Methanertrag l/kg oTM	20,14	10,11	225,77		256,02

Tabelle A-6: Berechnung der theoretischen Biogas- und Methanerträge für ausgewählte Mais-, Zuckerhirse- und Sudangrassorten, Versuchsjahr 2007 (Berechnungsgrundlage Faustzahlen Biogas, KTBL, 2007)

Sudangras	Rohprotein g/kg TM	Rohfett g/kg TM	Rohfaser g/kg TM	N- freie Ex- traktstoffe g/kg TM	Gesamt- summe
King 61	73,12	14,08	341,40	515,98	
VQ %	57	82	63	78	
abgebaute In- haltsstoffe g/kg TM	41,68	11,54	215,08	402,46	
o TM %	94,46				
g/kg o TM	39,37	10,90	203,16	380,16	
spez. Gasertrag l/kg oTM	650	1125	750		
spez. Methan- gehalt %Vol.	72,5	70,0	52,5		
Biogasertrag l/kg oTM	25,59	12,77	437,49		475,35
Methanertrag l/kg oTM	18,55	8,59	229,68		256,82

Tabelle A-7: Berechnung der theoretischen Biogas- und Methanerträge für ausgewählte Mais-, Zuckerhirse- und Sudangrassorten, Versuchsjahr 2007 (Berechnungsgrundlage Faustzahlen Biogas, KTBL, 2007)

Mais	Rohprotein g/kg TM	Rohfett g/kg TM	Rohfaser g/kg TM	N- freie Ex- traktstoffe g/kg TM	Gesamt- summe
Lukas, NK Ma- gitop	68,91	23,24	225,89	647,24	
VQ %	57	82	63	78	
abgebaute In- haltsstoffe g/kg TM	39,28	19,06	142,31	504,85	
o TM %	96,53				
g/kg o TM	37,92	18,40	137,37	487,32	
spez. Gasertrag l/kg oTM	650	1125	750		
spez. Methan- gehalt %Vol.	72,5	70,0	52,5		
Biogasertrag l/kg oTM	24,65	20,70	468,52		513,86
Methanertrag l/kg oTM	17,87	14,49	245,97		278,33

Tabelle A-8: Berechnung der theoretischen Biogas- und Methanerträge für ausgewählte Mais-, Zuckerhirse- und Sudangrassorten, Versuchsjahr 2007 (Berechnungsgrundlage Faustzahlen Biogas, KTBL, 2007)

Zuckerhirse	Rohprotein g/kg TM	Rohfett g/kg TM	Rohfaser g/kg TM	N- freie Ex- traktstoffe g/kg TM	Gesamt- summe
Super Sile 20, Goliath	65,31	12,82	347,03	526,41	
VQ %	57	82	63	78	
abgebaute In- haltsstoffe g/kg TM	37,23	10,51	218,63	410,60	
o TM %	95,16				
g/kg o TM	35,43	10,01	208,04	390,71	
spez. Gasertrag l/kg oTM	650	1125	750		
spez. Methan- gehalt %Vol.	72,5	70,0	52,5		
Biogasertrag l/kg oTM	23,03	11,26	449,07		483,35
Methanertrag l/kg oTM	16,69	7,88	235,76		260,33

Tabelle A-9: Berechnung der theoretischen Biogas- und Methanerträge für ausgewählte Mais-, Zuckerhirse- und Sudangrassorten, Versuchsjahr 2007 (Berechnungsgrundlage Faustzahlen Biogas, KTBL, 2007)

Sudangras	Rohprotein g/kg TM	Rohfett g/kg TM	Rohfaser g/kg TM	N- freie Ex- traktstoffe g/kg TM	Gesamt- summe
Susu, King 61	76,41	15,36	335,00	515,95	
VQ %	57	82	63	78	
abgebaute In- haltsstoffe g/kg TM	43,55	12,59	211,05	402,44	
o TM %	94,27				
g/kg o TM	41,06	11,87	198,96	379,39	
spez. Gasertrag l/kg oTM	650	1125	750		
spez. Methan- gehalt %Vol.	72,5	70,0	52,5		
Biogasertrag l/kg oTM	26,69	13,35	433,76		473,80
Methanertrag l/kg oTM	19,35	9,35	227,73		256,42

Impressum

Herausgeber: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
August-Böckstiegel-Straße 1, 01326 Dresden
Internet: www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl/publikationen/

Autoren: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Fachbereich Pflanzliche Erzeugung
Dr. habil. Christian Röhrich, Daniela Zander
Gustav-Kühn-Straße 8
04159 Leipzig
Telefon: 0341 9174-284
Telefax: 0341 9174-111
E-Mail: christian.roehricht@smul.sachsen.de

Ralf Dittrich
Stübelallee 2
01307 Dresden
Telefon: 0351 44083-22
Telefax: 0351 44083-25
E-Mail: ralf.dittrich@smul.sachsen.de

Redaktion: siehe Autoren

Endredaktion: Referat für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Anne-Christin Matthies-Umhau, Ramona Scheinert, Matthias Löwig
Telefon: 0351 2612-345
Telefax: 0351 2612-151
E-Mail: anne-christin.matthies@smul.sachsen.de

ISSN: 1861-5988

Redaktionsschluss: Juni 2008

Für alle angegebenen E-Mail-Adressen gilt:

Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Dokumente

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlhelfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.