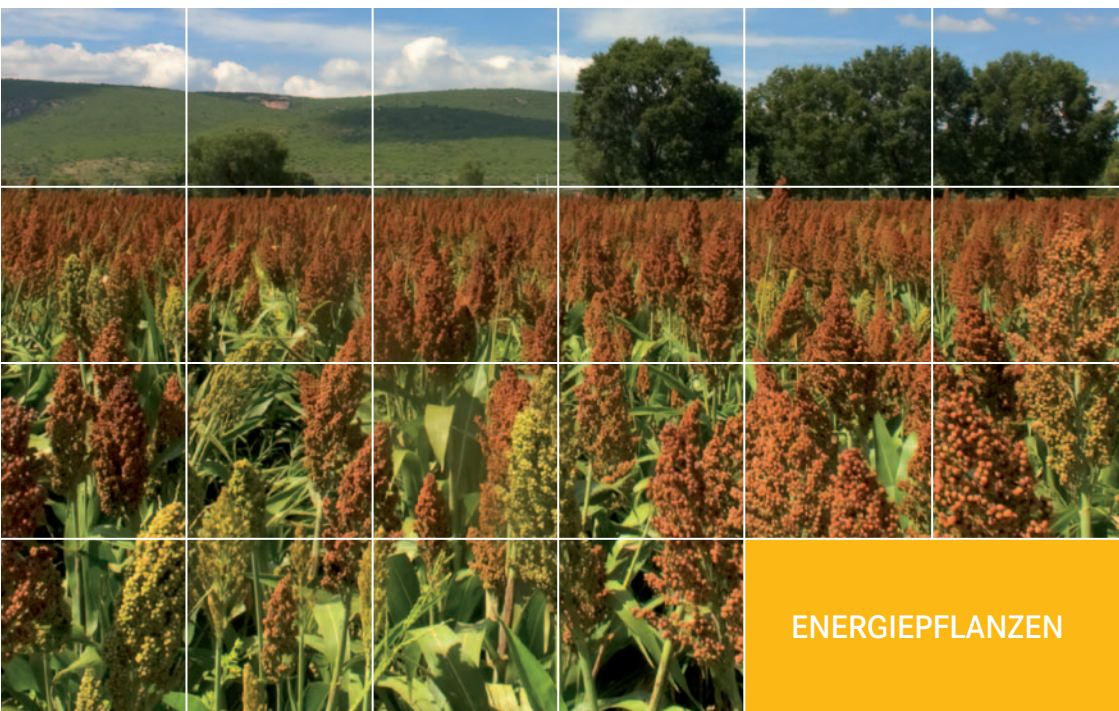


SORGHUMHIRSEN

Ein Beitrag zur Diversifizierung
des Energiepflanzenpektrums



ENERGIEPFLANZEN

Gefördert durch:



Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



IMPRESSUM

Herausgeber

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

OT Gülzow, Hofplatz 1

18276 Gülzow-Prüzen

Tel.: 03843/6930-0

Fax: 03843/6930-102

info@fnr.de

www.nachwachsende-rohstoffe.de

www.fnr.de

Mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz aufgrund eines
Beschlusses des Deutschen Bundestages

Text

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)

Redaktion

FNR, Abteilung Öffentlichkeitsarbeit

Bilder

Titel: Fotolia

sofern nicht am Bild vermerkt: LfULG

Gestaltung/Realisierung

www.tangram.de, Rostock

Druck

www.druckerei-weidner.de, Rostock

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier
mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 569

FNR 2012

SORGHUMHIRSEN

Ein Beitrag zur Diversifizierung
des Energiepflanzenpektrums





INHALT

Sorghum – Vorstellung der Pflanze	4
Sorghum – Das Verbundprojekt	7
Anbautechnik Sorghum	8
Standort	8
Sortenwahl	9
Fruchtfolge	9
Bodenbearbeitung	12
Aussaat	12
Düngung	14
Pflanzenschutz	16
Tierische und pilzliche Schaderreger	19
Ernte	20
Substratqualität und Biogasausbeute	20
Fazit	21
Verbesserungsbedarf bei Sorghum	22
Sorghumanbau in Deutschland – Das sagt die Praxis	22
Quellen	22
Anhang	23
Beteiligte Institutionen/Einrichtungen	23

SORGHUM – VORSTELLUNG DER PFLANZE

Der Anbau von Sorghum als Substrat für die Biogasproduktion kann angesichts zunehmender Anbau- bzw. Einsatzbeschränkungen bei Mais (drohende Ausbreitung des Westlichen Maiswurzelbohrers, „Maisdeckel“ im EEG 2012) einen wichtigen Beitrag zur:

- Auflockerung von Energiefruchtfolgen
- Erhöhung der Biodiversität sowie zur
- Absicherung der Substratbereitstellung in Biogasbetrieben leisten.

Sorghum besitzt ein hohes Biomassepotenzial und zählt wie Mais zu den C₄-Pflanzen¹. Wegen seiner Herkunft aus den nordöstlichen Savannengebieten Äquatorialafrikas ist es zudem gut an trockenes und heißes Klima angepasst.

Sorghum ist aufgrund seiner evolutionären Verwandtschaft optisch kaum vom Mais zu unterscheiden. Im Gegensatz zu Mais bildet die Pflanze jedoch keinen Kolben, sondern eine lockere bis kompakte Rispe aus. Weiterhin ist Sorghum morphologisch durch eine enorme Wuchshöhe, markerfüllte Halme, die sich an der Basis grundständig verzweigen (artenabhängig) sowie ein sehr feines und tiefreichendes Wurzelsystem gekennzeichnet. Dieses ermöglicht es der Kultur, Wasser und Nährstoffe aus Bodenvorräten zu nutzen, die für andere Kulturarten sehr viel schwerer zu erschließen sind (Jäger, 2009). Sor-

ghum verfügt zudem über die Fähigkeit, das Wachstum in Dürreperioden zu unterbrechen und es bei Verfügbarkeit von Wasser wieder aufzunehmen.

Der europäische Sortenkatalog unterscheidet zwischen:

- *Sorghum bicolor* (L.) Moench (Zucker-/Futterhirse)
- *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf (Sudangras)
- *Sorghum bicolor* (L.) Moench x *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf (Sudangrashybride).

Als Substrat für die Biogasproduktion eignen sich aufgrund ihres hohen Biomassepotenzials insbesondere die mas-sewüchsigen Sorten des *Sorghum bicolor*-Futtertyps. Bei den derzeit im Sortiment angebotenen Sorten handelt es sich zum überwiegenden Teil um intraspezifische Hybriden (*S. bicolor* x *S. bicolor*). Weiterhin interessant für die energetische Verwertung in der Biogasanlage sind Sorten des *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*-Kompensationstyps. Dieser stellt hinsichtlich Stängeldicke, Blattbreite, Bestockungsneigung und Wiederaustriebsvermögen eine Zwischenstellung zwischen *S. bicolor* (Futtertyp) und *S. sudanense* dar. Sudangras (*S. sudanense*) kommt aufgrund seines geringeren Ertragspotenzials nur bedingt als Biogassubstrat in Frage.

¹ C₄-Pflanzen nutzen CO₂ aus der Luft effektiver als C₃-Pflanzen (z. B. Weizen) und sind daher besonders gut an heißes und trockenes Klima angepasst.

SYSTEMATISCHE EINTEILUNG DER SORGHUMHIRSEN



Sorghum bicolor

- Einzelpflanzenertragstyp
- Halmdicke (bis 2,5 cm) ertragsbestimmend

Futter-Typen (Futterhirse):

viel Grünmasse, große Wuchshöhe (bis 4,50 m), geringer TS-Gehalt, schwach bestockend

Zucker-Typen (Zuckerhirse):

viel Grünmasse, hoher Zuckergehalt (> 15 %), geringer TS-Gehalt, schwach bestockend

Faser-Typen (Faserhirse):

höherer Cellulosegehalt, schwach bestockend

Körner-Typen (Körnerhirse):

geringe Wuchshöhe (1,50 m), kompakte Rispe, hohe TS-Gehalte, stark bestockend



Sorghum sudanense (Sudangras)

- Bestandesdichtetyp
- mittlere Wuchshöhe (3 m)
- dünnstängelig (1 cm)
- Blattmasse ertragsbestimmend
- stark bestockend
- starkes Wiederaustriebsvermögen
→ mehrschnittige Nutzung
- höherer TS-Gehalt

Sorghum bicolor x *Sorghum sudanense* (Sudangrashybride)

- Kompensationstyp
- blatt- und stängelreich
- geringe bis höhere TS-Gehalte



KÖRNERSORGHUM – EIGNUNG ALS BIOGASSUBSTRAT?

Eine gewisse Bedeutung als Biogassubstrat könnten zukünftig auch Sorten des *Sorghum bicolor*-Körnertyps – zur Ernte als Ganzpflanze – erlangen. Dieser überzeugt aufgrund seiner geringeren Wuchshöhe (1,50 m) vor allem durch eine sehr gute Standfestigkeit. Insbesondere die frühreifen Sorten im Körnersorghum-Segment zeichnen sich durch hohe Trockensubstanzgehalte zur Ernte aus und sind in der Lage, unter günstigen Bedingungen hohe Kornerträge zu erbringen. Im Gesamtpflanzenenertrag sind die Körnerhirsen den massewüchsigen Futterhirsessorten jedoch deutlich unterlegen.

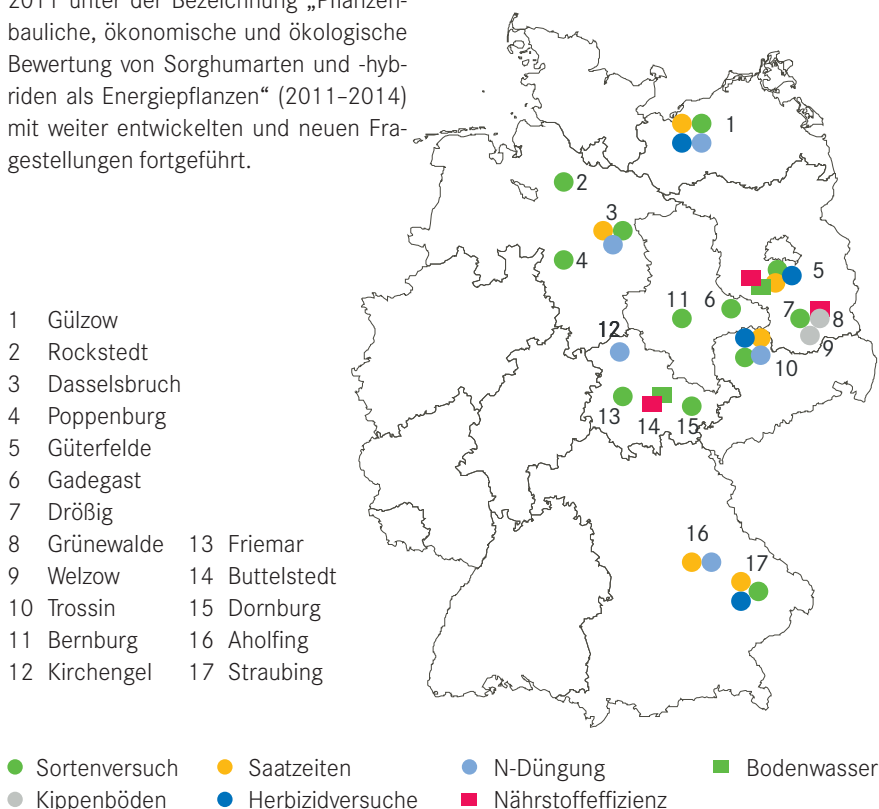
In der Sortenprüfung 2012 wird mit der Sorte Farmsorgho erstmals eine Sorte des *Sorghum bicolor*-Körnertyps auf seine Anbaueignung als Biogassubstrat getestet. Ob Körnersorghum, bedingt durch den höheren Kornanteil und die Stärkeeinlagerung im Korn, hinsichtlich des Methanertrags pro Hektar mit den Sorten des *Sorghum bicolor*-Futtertyps konkurrieren kann, wird im Rahmen von Batchversuchen (Methanausbeute) untersucht.



SORGHUM – DAS VERBUNDPROJEKT

Im Rahmen des Verbundprojektes „Anbautechnik Sorghumhirsen – Ein Beitrag zur Diversifizierung des Energiepflanzen-spektrums“ (2008–2011) wurden bundesweit umfangreiche Untersuchungen zur Anbautechnik bei Sorghumhirsen durchgeführt. Das Projekt wird seit Mai 2011 unter der Bezeichnung „Pflanzenbauliche, ökonomische und ökologische Bewertung von Sorghumarten und -hybriden als Energiepflanzen“ (2011–2014) mit weiter entwickelten und neuen Fragestellungen fortgeführt.

Ziel des Verbundvorhabens ist es, Sorghum unter verschiedenen naturräumlichen Bedingungen auf seine Eignung als Rohstoff für die Biogasproduktion zu testen sowie den Anbau in Deutschland sowohl hinsichtlich anbautechnischer als auch ökologischer Aspekte zu optimieren.



Quelle: LfULG

Abb. 1: Standorte und Versuche im Verbundvorhaben

ANBAUTECHNIK SORGHUM

Standort

Bei Sorghum handelt es sich wie bei Mais um eine sehr wärmeliebende Kulturart. Im Vergleich zu Mais ist Sorghum deutlich kälteempfindlicher, was seiner verfügbaren Vegetationszeit unter hiesigen Klimabedingungen sehr enge Grenzen setzt. Sorghum stellt keine besonderen Ansprüche an den Boden. Angesichts der geringen Kältetoleranz der Kultur sind kalte und staunasse Standorte jedoch unbedingt zu meiden (TFZ Straubing, 2010).

Wassernutzungseffizienz

In Feldlysimeterversuchen (Abbildung 2) wurde festgestellt, dass *Sorghum bicolor* einen höheren Wasserbedarf als Mais aufweist und den Faktor Wasser im Bereich optimaler Wasserversorgung in einen höheren Ertrag umsetzt. Dies spiegelt sich in einer besseren Wassernutzungseffizienz wider. Mit abnehmendem Wasserangebot geht diese Vorzüglichkeit hingegen zurück, d. h. Mais bildet mit der gleichen Wassermenge mehr Trockenmasse als *Sorghum bicolor*. Unter

Abb. 2: Mais und Sorghum bicolor im Kleinlysimeterversuch am 23.06.10



den Niederschlagsverhältnissen im mitteldeutschen Trockengebiet ist davon auszugehen, dass die Wassernutzungseffizienz von Mais besser ist als die von *Sorghum bicolor* (Wagner und Knoblauch, 2011).

Die andererseits in Trockenjahren beobachtete Ertragsüberlegenheit von Sorghum ist eher mit dem besseren Bodenwasseraneignungsvermögen gegenüber Mais zu erklären. Im Rahmen der Untersuchungen wurde ebenfalls deutlich, dass sich eine optimale Wasserversorgung positiv auf die Reifeentwicklung bei Sorghum auswirkt, während es bei Mais zu Verzögerungen in der Entwicklung kommt. Bei geringem Wasserangebot verlief die Abreife der beiden Kulturen entgegengesetzt.

Sortenwahl

Mehrjährige Ergebnisse der Sortenprüfung (2005–2011) belegen, dass ein erfolgreicher Anbau von Sorghum unter den klimatischen Bedingungen in Deutschland möglich ist (Tabelle 1).

Auf den trockenen und warmen D-Süd- und Rekultivierungsstandorten sowie auf den Löss-Standorten Straubing und Bernburg erreichten die leistungsstärksten, mehrjährig geprüften Futterhirsesorten (Goliath, Sucrosorgho 506, KWS Zerberus und Herkules) das Ertragsniveau von Mais bzw. übertrafen es zum Teil sogar. In den kühleren Anbaulagen (D-Nord-Standorte, Heßberg) konnte der hohe Wärmebedarf von Sorghum nicht ausreichend gedeckt werden. Der Mais wies hier im Mittel der Jahre deutliche Ertragsvorteile auf.

Die massewüchsigen Futterhirsen erreichten im Mittel der Standorte und Versuchsjahre höhere TM-Erträge als die Sudangrashybriden, jedoch bei geringeren TS-Gehalten (nicht dargestellt). Die Sudangrashybride Lussi bildete als einzige Sorghumhirse in der Mehrzahl der Standorte und Versuchsjahre den für die Silierung notwendigen TS-Gehalt von 28 %. Dieser wurde von den ertraglich überzeugenden Futterhirsesorten nur in seltenen Fällen erreicht.

Bei den massebetonten Futterhirsesorten kam es zudem insbesondere auf windgefährdeten, niederschlagsreichen Standorten sowie Standorten mit hoher Nährstoffnachlieferung zu einem verstärkten Auftreten von Lager.

Die sehr guten Ergebnisse der neuen Sorten deuten auf erste Fortschritte in der Sorghum-Züchtung hin. Jedoch sind die hohen Erträge dieser Sorten (Biomass 150, KWS Odin, RHS Amiggo, KWS Freya) unter sehr günstigen Witterungsbedingungen (hohe Niederschläge im Sommer) erreicht worden.

Fruchtfolge

Sorghum ist wie der Mais selbstverträglich und lässt sich gut in die Fruchtfolge einordnen. An die Vorfrucht werden zwar keine besonderen Ansprüche gestellt, aufgrund der zögerlichen Jugendentwicklung der Pflanzen sind jedoch Vorfrüchte zu bevorzugen, die das Feld möglichst unkrautfrei räumen (TFZ Straubing, 2010).

Sorghum kann aufgrund seiner variablen Saatzeit – die Aussaat ist von Mitte Mai bis

Mitte (Ende) Juni möglich – unterschiedliche Positionen in der Fruchtfolge einnehmen:

- **als Hauptfrucht**, optimalerweise nach abgefronter Sommerzwischenfrucht (z. B. Senf) oder

- **als Zweitfrucht**

- nach Winterzwischenfrucht Grünschnittroggen (Ernte zum Abschluss des Ährenschiebens)
- nach einer Ganzpflanzenernte von Wintergerste sowie bedingt Winterroggen und Wintertriticale (Ernte zur Milch- bis Teigreife).

Tab. 1: Durchschnittlicher Trockenmasseertrag (dt/ha) von Sorghum im Vergleich zu Mais – Ergebnisse der mehrjährigen Sortenprüfung (2005–2011)

Fruchtart	Sortiment	D-Nord					D-Süd			
		Prüfjahre	Gülzow	Bocksee	Rockstedt ²	Dasselsbruch ²	Prüfjahre	Güterfelde	Dröbzig	Gadegast
Mais (BB ³)		5	198	77	206	241	7	157	158	135
<i>Sorghum</i> b. x s. (Sudangras- hybride)	Lussi	4	139	64	145	163	6	146	141	101
	Susu	4	112	53		–	6	125	106	91
	KWS Freya ¹	1	167	–	150	174	1	172	172	136
<i>Sorghum</i> b. (Futter-/ Zucker- hirsen)	Super Sile 20	4	82	44	–	–	6	111	91	84
	Goliath	4	127	70	–	–	4	167	149	122
	Sucrosorgho 506	4	128	62	143	186	4	164	175	119
	KWS Zerberus	1	159	–	153	172	3	165	188	127
	Herkules	1	168	–	160	194	3	177	184	134
	Biomass 150 ^{1/4}	1	163	–	163	206	1	245	266	175
	KWS Odin ^{1/4}	1	160	–	164	181	1	204	233	156
	Amiggo ¹	1	171	–	149	186	1	194	200	142

¹ Sorte erstmals 2011 in der Sortenprüfung

² Standort erstmals 2011 in der Sortenprüfung

³ BB Mais: TM-Ertrag in dt/ha (Mittel zweier Sorten, 2008–2010: S 240/S 280; 2011: S 280/S 260)

Bei der Einordnung von Sorghum in die Fruchtfolge ist das unterschiedliche Abreifeverhalten der Sorten zu berücksichtigen. Die spätreifen und ertragsstärkeren Futterhirsesorten benötigen eine längere Vegetationszeit (130 bis 160 Tage), um einen silierfähigen TS-Gehalt (28 %) zu bilden, und eignen sich daher überwiegend

für den Hauptfruchtanbau (Aussaat Mitte bis Ende Mai). Sorten aus der frühen Reifegruppe (insbesondere die Sudangrasshybride Lussi) kommen hingegen auch für den Zweitfruchtanbau in Frage.

		Lö						V		K		
Trossin 1	Trossin 2	Prüfjahre	Bernburg	Poppenburg ²	Straubing	Dornburg ²	Friemar	Prüfjahre	Heßberg	Prüfjahre	Grünwalde	Welzow
145	162	4	221	233	208	220	198	3	181	4	143	134
125	113	4	134	155	181	141	177	3	153	4	137	117
116	109	3	122	-	147	-	125	3	122	3	101	85
-	160	1	201	180	179	167	195		-	1	181	149
136	108	3	145	-	104	-	103	3	92	3	90	80
156	154	3	182	-	218	-	137	3	152	3	155	131
181	164	4	164	190	194	143	148	3	148	4	143	136
200	169	3	196	185	185	169	172	1	155	1	181	152
182	169	3	217	209	210	188	145	1	131	1	163	168
-	214	1	256	222	231	213	167		-	1	213	206
-	191	1	246	195	212	173	186		-	1	207	161
-	193	1	213	179	204	154	207		-	1	176	159

⁴ Sorten nicht mehr im Sortiment

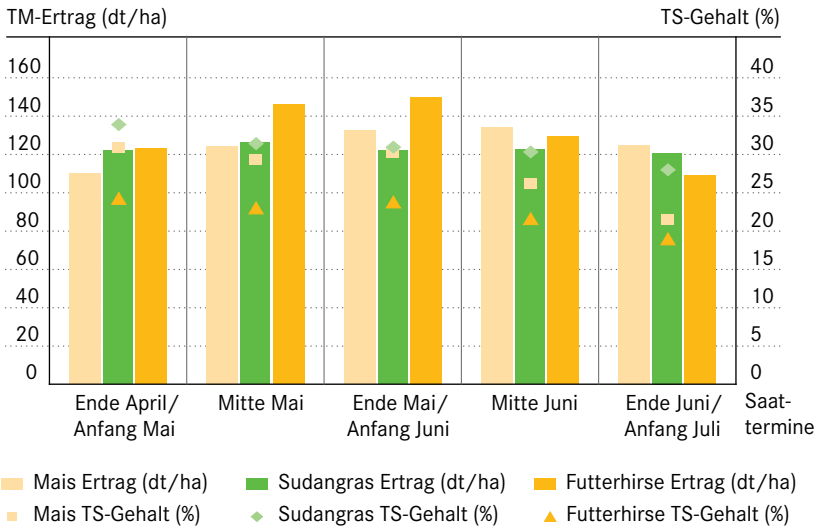
Fett gedruckt: TM-Erträge im oder über dem Maisniveau

V = Verwitterungsböden

K = Kippenböden Lö = Lössböden

D-Nord und D-Süd = Diluvialböden

OPTIMIERUNG DER SAATZEIT



Quelle: Martin und Barthelmes (2011)

© FNR 2012

Abb. 2: TM-Ertrag und TS-Gehalt von Mais (NK Magitop, S 240), Sudangrashybride und Futterhirse am Standort Güterfelde (2008–2010) in Abhängigkeit vom Saattermin

Im Saatzeitenversuch in Güterfelde erbrachte die Sudangrashybride Lussi über alle Saatzeiten einen im Vergleich zur Futterhirse Goliath niedrigeren, aber stabileren Trockenmasseertrag, der auch zur Ernte der letzten Saatzeit noch einen silierfähigen TS-Gehalt erreichte. Der Einsatz einer solchen sehr schnell reifenden Sorte – die schnelle Abreife der Sorte Lussi sollte nicht für Sudangrashybriden verallgemeinert werden – ist also durchaus noch für den Anbau als Zweitfrucht nach einer Getreideganzpflanzenernte mit Aussaat Mitte/Ende Juni geeignet.

Bodenbearbeitung

Bei der Saatbettbereitung kann die übliche Anbaukombination wie bei Mais, Getreide oder Zuckerrüben verwendet werden. Allerdings sind die Ansprüche von Sorghum an einen gut durchgearbeiteten, abgesetzten Boden mit feinkrümeligem Saatbett deutlich

höher als bei Mais. Auf den kapillaren Wasseranschluss des Saatgutes ist unbedingt zu achten (TFZ Straubing, 2010).

Aussaat

Sorghum benötigt für ein gleichmäßiges, rasches Auflaufen einen auf mindestens

12 °C (besser 15 °C) erwärmten Boden. Zeitige Saaten vor Anfang bis Mitte Mai bringen aufgrund der hohen Kälteempfindlichkeit der Kultur keine Vorteile in Bezug auf die Vegetationszeit. Eine Aussaat Ende Juni ermöglicht nur in Gunstlagen für frühe bis mittelfrühe Sorten (Lussi), bei entsprechend später Ernte, noch ausreichend hohe TS-Gehalte für eine sichere Silierung.

Für die Verwendung von Sorghum als Bio-gassubstrat haben sich folgende Saatlängen bewährt:

- Futterhirse: 20–25 keimfähige Körner/m²
- Sudangrashybride: 30–40 keimfähige Körner/m².

Auf Standorten mit ausreichender Wasserversorgung (Straubing) konnten durch höhere Saatlängen (33 kf Körner/m² bei Futterhirse, 54 kf Körner/m² bei Sudangrashybriden) Mehrerträge erzielt werden. Bei lageranfälligen Sorten sollte auf wind-

gefährdeten und niederschlagsreichen Standorten sowie auf nährstoffreichen Böden auf eine Erhöhung der Saatlänge verzichtet werden. Für den Anbau auf sandigen und niederschlagsarmen Standorten, auf denen eine Konkurrenz der Pflanzen um Wasser zu erwarten ist, sollte tendenziell mit geringeren Saatlängen gearbeitet werden.

Im Gegensatz zu Mais ist eine Drillsaat bei Sorghum ausreichend (Rückverdichtung wichtig). Eine Einzelkornsaat ist nicht erforderlich, kann aber bei den sehr großkörnigen *S. bicolor*-Sorten von Vorteil sein. Zudem ließen sich die positiven Effekte einer Unterfußdüngung nutzen. Entscheidend für einen guten Feldaufgang ist, dass mit der Saattechnik eine gleichmäßige Ablagetiefe (3 bis 4 cm, bei Trockenheit eher tiefer), der kapillare Wasseranschluss der Samenkörner und ihre gute Einbettung gewährleistet werden können.

Zeitpunkt



Auswirkungen einer zu frühen Aussaat:

- schlechte, verzögerte Keimung
- unregelmäßiger Feldaufgang
- verstärkte Probleme bei der Unkrautkontrolle
- Gefahr von Nachtfrost und kühlen Nachttemperaturen

Aussaat so früh wie möglich, so spät wie nötig

Auswirkungen einer zu späten Aussaat:

- Vegetationszeit wird nicht optimal ausgenutzt
- sichere Abreife ist nicht mehr gewährleistet bzw. stark witterungsabhängig
- Lagerneigung nimmt zu (Greensnapping)

Die Reihenweite hat keinen Einfluss auf den TM-Ertrag und den TS-Gehalt zur Ernte und kann somit in Abhängigkeit von der im Betrieb vorhanden Sätechnik gewählt werden. Bei sehr weiten Reihenabständen ist jedoch zu beachten, dass der aufgrund der langsamen Jugendentwicklung ohnehin verzögerte Bestandesschluss zu einem erhöhten Unkrautbesatz führen kann. Auf erosionsgefährdeten Standorten könnten engere Reihenweiten ebenso von Vorteil sein.

Düngung

Zur Ermittlung des erforderlichen Düngedarfs kann der **Nährstoffentzug** der Pflanze mit Abfuhr des Erntegutes herangezogen werden. Ergebnisse aus den Sortenprüfungen zeigen, dass es beim Anbau von Sudangrashybriden und Futterhirsen – wie bei Mais – zu hohen Entzügen an Stickstoff und Phosphor kommt. Kalium und Magnesium (nicht dargestellt) werden von Futterhirsen im Vergleich zu Mais sogar in deutlich höheren Mengen aus dem Boden entzogen (Tabelle 2).

Angesichts des hohen P- und K-Bedarfs von Sorghum bietet sich eine **organische Düngung** besonders an. Aufgrund der langen Wachstumsperiode und des spät einsetzenden Nährstoffbedarfs werden organische Düngestoffe von Sorghum sehr gut verwertet. Beim Anbau von Sorghum besteht zudem die Möglichkeit, Gärreste noch effektiv im Juni zu nutzen. Für die Praxis bietet sich eine kombinierte organisch-mineralische Düngung an.

Aus vorerst einjährigen Versuchsergebnissen zur Optimierung der Stickstoffdüngung bei Sorghum zeichnet sich ab, dass hohe TM-Erträge auch mit einer moderaten N-Düngung von 120 kg/ha erreicht werden können. In den N-Steigerungsversuchen konnten zwar an einigen Standorten bei einer Erhöhung der N-Düngung noch Mehrerträge erzielt werden, bei den derzeit hohen Kosten für Stickstoff ist jedoch die Wirtschaftlichkeit höherer N-Gaben nicht immer gegeben.

Tab. 2: Nährstoffentzüge von Mais und Sorghum in den Sortenversuchen an den Standorten Güterfelde und Straubing (Mittelwerte der Sorten und Jahre 2008–2010)

Kultur	Güterfelde (D-Süd)				Straubing (Löß)			
	TM-Ertrag (dt/ha)	Nährstoffentzüge			TM-Ertrag (dt/ha)	Nährstoffentzüge		
		N	P	K		N	P	K
		(kg/ha)				(kg/ha)		
Mais	140	158	31	168	178	210	37	184
Sudangras- hybride	130	165	28	168	159	207	33	230
Futterhirse	141	173	33	222	167	212	32	249

Die gute **Nährstoffaneignung** von Sorghum bestätigte sich auch in den Feldlysimeterversuchen. Bei standortangepasster Düngung und unter Berücksichtigung des $N_{\min}$ -Gehaltes im Boden im Frühjahr wurden in allen Versuchsjahren negative N-Salden ausgewiesen. Im Vergleich zu Mais wurden

bei Sorghum geringere Nitratkonzentrationen im Sickerwasser sowie ein geringerer N-Austrag festgestellt. Die geringeren Werte sind vermutlich mit der stärkeren Tiefenausschöpfung des Bodenwassers und des darin enthaltenen Stickstoffs zu erklären.

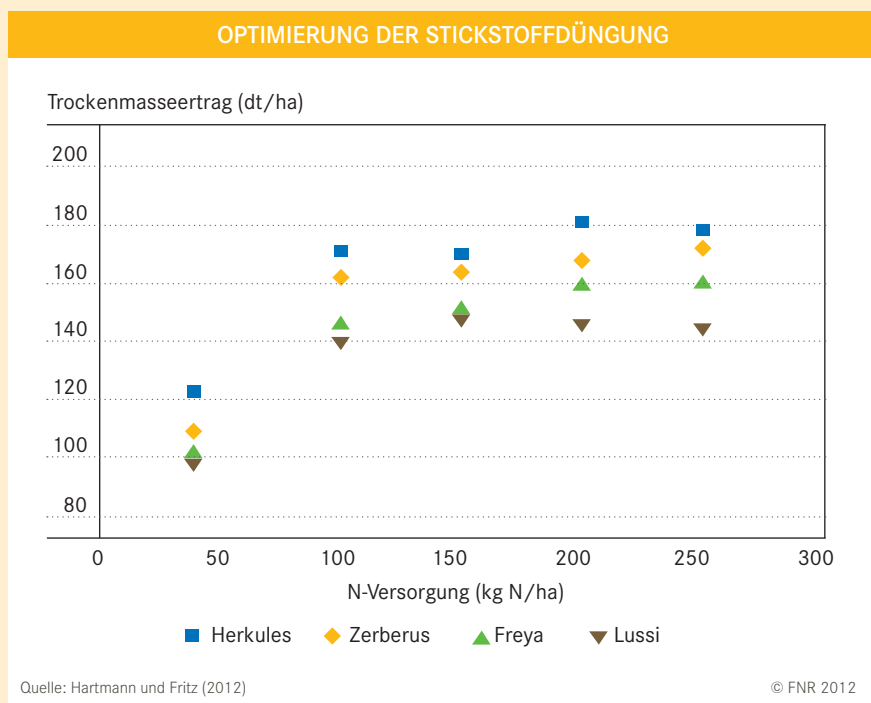


Abb. 3: TM-Ertrag je N-Stufe am Standort Dasselsbruch (1. N-Stufe = $N_{\min}$ -Gehalt im Boden, $n = 4$)

Am Standort Dasselsbruch (D-Nord) konnten mit einer geringen Düngung von 100 kg N/ha (Gesamt-N inkl. $N_{\min}$) bereits signifikante Mehrerträge von fast 50 % im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle erzielt werden, was z.T. auf die sehr geringen $N_{\min}$ -Ausgangswerte zurückzuführen war. Ein weiterer signifikanter Anstieg des Ertrages durch Erhöhung der N-Gabe wurde auf diesem Standort lediglich bei der Sorte Freya bis 150 kg/ha beobachtet.



Abb. 4: Unbehandelte Variante neben mit GARDO GOLD behandelter Variante (v.l.n.r.) 14 Tage nach der Applikation, Futterhirse (Güterfelde, 2010)

Pflanzenschutz

Aufgrund der langsamen Jugendentwicklung von Sorghum ist eine Unkrautbekämpfung unverzichtbar (Abbildung 4).

Insbesondere die Kontrolle von Ungräsern – vor allem Schadhirsen – stellt ein schwerwiegendes Problem im Sorghumanbau dar. Von bisher sechs in Sorghum genehmigten Herbiziden eignen sich nur GARDO GOLD und Spectrum für die Bekämpfung von Monokotylen (Tabelle 3). Flächen mit starkem Unkrauthirsedruck sollten generell gemieden werden.

Ergebnisse aus Herbizidprüfungen in Güterfelde (2008–2010) verdeutlichen, dass eine Herbizidbehandlung bei Sorghum auf Standorten mit hohem Unkrautdruck zu signifikanten Mehrerträgen (bis zu 30 % im Mittel der Jahre) gegenüber der unbehandelten Kontrolle führt.

- Die Wirksamkeit der Herbizide war stark abhängig vom Applikationszeitpunkt (Witterung, Entwicklungsstadium der Kulturhirse und der Unkräuter, Bodenfeuchte).
- Die dikotylen Unkräuter wurden mithilfe der zur Verfügung stehenden Herbizide ausreichend erfasst.
- **GARDO GOLD** bekämpfte als einziges Mittel zudem Schadhirsen hinreichend. Das Mittel zeichnete sich sowohl durch eine gute Kulturverträglichkeit als auch ein breites Wirkungsspektrum aus.
- Durch Anwendung von **B 235** (früher Certrol B) können Wirkungslücken von GARDO GOLD ausgeglichen werden. Sorghum reagierte in der Verträglichkeitsprüfung zwar am stärksten auf B 235, jedoch waren die aufgetretenen Verätzungen infolge des Biomassezuwachses kaum mehr relevant.
- Empfehlenswert und praxiserprobt ist der Einsatz beider Präparate in einer Tankmischung.

Tab. 3: Herbizide für den Einsatz in Sorghum mit Genehmigung nach Artikel 51 VO (EG) Nr. 1107/2009

Mittel	Wirkstoff	genehmigt bis	zugel. AWM	ab BBCH	Wirkungsspektrum
ARRAT	Dicamba Tritosulfuron	31.12.2022	200 g/ha	13	ein- und mehrjährige zweikeimblättrige Unkräuter
B 235 / CA-RACHO 235 / BROMOXYNIL 235 (früher Certrol B)	Bromoxynil	31.12.2015	1,5 l/ha	13	einjährige zweikeimblättrige Unkräuter, auch Gänsefuß, Winden weniger gut
GARDO GOLD / PRIMAGRAM GOLD	Terbuthylazin S-Metolachlor	31.12.2015	4,0 l/ha	13	einjähriges Rispen-gras, Schadhirschen, einjährige zweikeimblättrige Unkräuter
MAIS-BAN-VEL WG	Dicamba	31.12.2021	500 g/ha	13	Gemeine Zaunwinde, Acker-Winde, Gänsefuß-Arten, Winden-Knöterich
SPECTRUM	Dimethenamid-P	31.12.2014	1,4 l/ha	13	einjährige zweikeimblättrige Unkräuter, Schadhirschen
STOMP AQUA / STOMP RAPS	Pendimethalin	31.12.2017	2,5 l/ha	13	einjährige zweikeimblättrige Unkräuter

Quelle: BVL, Stand 06/2012

Herbizideinsatz im frühen Nachauflauf mit Safener-gebeiztem Saatgut

Der Einsatz der genehmigten Herbizide in Sorghum ist erst ab BBCH 13 gestattet. Eine weitere Schwierigkeit in der Bekämpfung der Ungräser ist deshalb im Bekämpfungstermin zu sehen. Durch die langsame Jugendentwicklung und die Kälteempfindlichkeit von Sorghum können Schadhirschen einen Entwicklungsvorsprung aufweisen, so dass der optimale Bekämpfungstermin häufig vor dem Dreiblattstadium von Sorghum liegt. Seit 2011 wird daher der Einsatz von GARDOL GOLD zum frühen Nachauflauf in Futterhirse geprüft. Für eine Anwendung vor Erreichen des BBCH-Stadiums 13 muss das Saatgut mit einem Safener (Schutz) behandelt sein, welcher den Abbau des Herbizid-Wirkstoffes in der Kulturpflanze bewirkt. Getestet wird die Anwendung im frühen Nachauflauf mit und ohne Safener. Als Referenz für Bekämpfungserfolg und Kulturverträglichkeit dient die Anwendung von GARDOL GOLD zum regulären Termin.

Tab. 4: Wirkungsgrad und Relativertrag (im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle) bei Anwendung von GARDOL GOLD im frühen Nachauflauf (NA) bzw. bei Anwendung ab BBCH 13 in Futterhirse (*Sucrosorgho 506*) – Mittel über 4 Standorte (Trossin, Güterfelde, Alholling, Gülzow) im Versuchsjahr 2011

Variante	Applikations-termin	AWM (l/ha)	Wirkungs-grad (%)	Relativertrag im Vergleich zur Kontrolle (%)
GARDOL GOLD	BBCH 13	4	86	128
GARDOL GOLD (ohne Safener)	früher NA	4	94	109
GARDOL GOLD (mit Safener)	früher NA	4	95	107

- Die Anwendung von GARDOL GOLD im frühen Nachauflauf – unter Verwendung von Saatgut mit und ohne Schutz durch einen Safener – führte im Mittel aller Standorte zur besten Unkraut- und Schadhirsebekämpfung in der Futterhirse.
- Im Vergleich zum Einsatz ab BBCH 13 wurden allerdings geringere Erträge erzielt, was auf eine erhöhte phytotoxische Reaktion in Sorghum zurückgeführt werden kann.
- Unterschiede zwischen den mit und ohne Safener gebeizten Varianten konnten bislang nicht festgestellt werden.



Abb. 5: *Helminthosporium* Blattflecken in Sorghum (Güterfelde, 2008–2010)



Abb. 6: Starker Blattlausbefall an einer Sorghum bicolor-Rispe (Güterfelde, 2009)

Tierische und pilzliche Schaderreger

Nach derzeitigem Wissensstand ist Sorghum keine Wirtspflanze für den **Westlichen Maiswurzelbohrer** (*Diabrotica virgifera virgifera*).

Sorghum wird zudem in deutlich geringerem Maße vom **Maiszünsler** (*Ostrinia nubilalis*) befallen (mehrjährige Beobachtungen auf Brandenburger Standorten). Betroffen waren ausschließlich Sorten der früher reifenden Gruppe. Dies deutet auf die Abhängigkeit des Befalls von der Wechselwirkung zwischen Entwicklungsstadium der Pflanze und dem Eiablage- bzw. Larvenschlupftermin des Falters hin.

Vereinzelte wurde in Sorghum auch ein Befall mit **Blattläusen** beobachtet. Dieser war in der Regel gering, vorrangig an Futter-

hirschen und hauptsächlich an Pflanzen mit langsamer Abreife zu beobachten.

Im Gegensatz zu Mais sind bei Sorghum keine größeren Schäden durch **Wildschweine** bekannt (Aussagen aus der Praxis).

In allen Prüffahren wurde ein mäßiger bis starker Befall mit **Helminthosporium Blattflecken** (*H. turcicum*) festgestellt.

Die für den Mais typische Krankheit **Maisbeulenbrand** (*Ustilago maydis*) tritt bei Sorghum nicht auf.

Eine genaue Aussage zur Wirtseignung von Sorghum für Schädlinge und Krankheiten wird erst bei einer Ausweitung seines Anbauumfangs zu treffen sein.

Ernte

Die Sorghumernte erfolgt einschnittig und mit der für Mais üblichen Häckseltechnik. Zum Zeitpunkt der Ernte – in der Regel zwischen September und Oktober – ist aus Gründen einer guten Silierbarkeit und Transportwürdigkeit ein TS-Gehalt im Erntegut von mindestens 28 % anzustreben. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die zu erwartenden Erträge im Sorghumanbau.

Substratqualität und Biogasausbeute

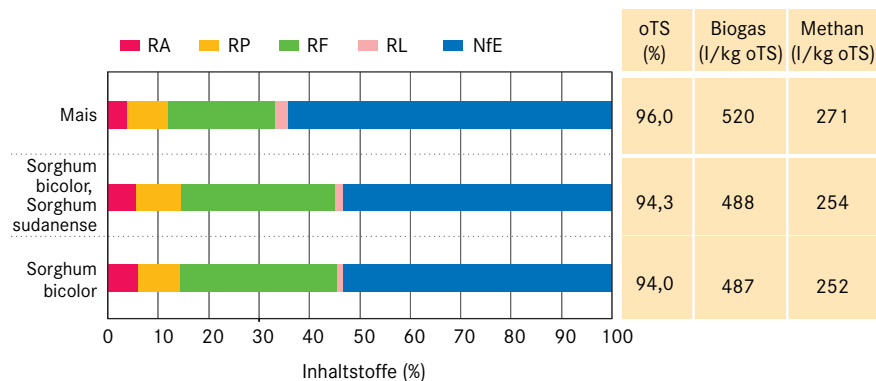
Das wichtigste Qualitätskriterium für die Bewertung von Biogassubstraten ist das Gasbildungspotenzial (Weißbach, 2009). Dieses wird in entscheidendem Maße von der inhaltsstofflichen Zusammensetzung der eingesetzten Substrate bestimmt.

Im Rahmen der Sortenprüfung wurden auf allen Versuchsstandorten zur Ernte

Pflanzenproben entnommen und auf ihre inhaltsstoffliche Zusammensetzung untersucht. Anhand der wertgebenden Inhaltsstoffe sowie deren Verdaulichkeit (nach DLG Futterwerttabelle) wurde mithilfe der Baserga-Formel die theoretische Biogas- und Methanausbeute der unterschiedlichen Fruchtarten ermittelt (Abbildung 7).

- Sorghumhirsen weisen im Vergleich zu Mais höhere Gehalte an Rohfaser (RF) und Rohasche (RA) sowie niedrigere Rohfettgehalte (RL) auf. Hieraus resultieren die etwas geringeren, rechnerisch ermittelten Gehalte an stickstofffreien Extraktstoffen (NfE).
- Aufgrund der ungünstigeren gäremischen Zusammensetzung ist nach theoretischer Berechnung bei Sorghumhirsen mit etwas geringeren Methanausbeuten als bei Mais zu rechnen.

SUBSTRATQUALITÄT UND THEORETISCHE BIOGAS- UND METHAN AUSBEUTEN



Quelle: Zander und Jäkel (2011)

© FNR 2012

Abb. 7: Substratqualität und theoretische Biogas- und Methanausbeuten von Mais und Sorghum im Mittel verschiedener Sorten und Standorte (2008-2010)

- Der ausschlaggebende Faktor für hohe Methanerträge je Hektar ist jedoch die Biomasseproduktion. Geringere Methanausbeuten können daher durch hohe TM-Erträge ausgeglichen werden.

Fazit

Im derzeitigen Sorghum-Sortiment sind leistungsfähige Sorten verfügbar, welche auf Standorten mit entsprechendem Wärmeangebot (trockene D-Süd-Standorte) hinsichtlich des TM-Ertrages mit Mais konkurrieren können.

Beim Anbau von Sorghum in Hauptfruchtstellung sollte auf die ertragsstärkeren Futterhirsesorten zurückgegriffen werden. Bei der Sortenwahl ist die erhöhte Lageranfälligkeit der Sorten Goliath, Herkules und Sucrosorgho 506 zu beachten.

Die frühreifen Sudangrasybriden Lussi und Freya (seit 2011 geprüft) eignen sich bei entsprechendem Wasser- und Wärmeangebot am Standort bevorzugt für den Zweitfruchtanbau. Aufgrund ihrer sicheren Abreife können diese Sorten in kühleren Anbauregionen auch als Hauptfrucht eine Option sein.

Standortangepasste Sortenempfehlungen für den Sorghumanbau		
D-Süd (K)	Sorghum konkurrenzfähig bzw. Mais zum Teil überlegen	
	Sortenwahl:	• Fokus auf Ertrag (Abreifebedingungen i. d. R. günstiger) • vornehmlich HF-Anbau, ZF-Anbau möglich, aber unsicher (Wasser) • späte Sorten: Herkules, KWS Zerberus, Amiggo¹
Löß	Konkurrenzfähigkeit auf Standorten mit ausreichendem Wärmeangebot und in Abhängigkeit von der Jahreswitterung gegeben	
	Sortenwahl:	• auf gute Standfestigkeit zu achten • vornehmlich HF-Anbau, in Abhängigkeit von Wärme- und Wasserangebot am Standort auch ZF/SZF-Anbau möglich • frühe Sorten: Lussi, Freya¹ (ZF/SZF-Anbau) • späte Sorten: Herkules, Zerberus, Amiggo¹
D-Nord	Sorghum aufgrund des begrenzten Wärmeangebotes nur bedingt anbauwürdig und dem Mais durchgängig ertraglich unterlegen	
	Sortenwahl:	• Kompromiss aus TM-Ertrag und TS-Gehalt • vornehmlich HF-Anbau, ZF-Anbau bedingt möglich • frühe Sorten: Lussi, Freya¹ • späte Sorten: KWS Zerberus, Amiggo¹ (weniger Ertrag, aber günstigere TS-Gehalte)

¹ einjährig geprüfte Sorten

HF Hauptfrucht (idealerweise nach abgefrorener Sommerzwischenfrucht, Aussaat bis Mitte Mai)

ZF Zweitfrucht (nach Grünroggen, Aussaat Mitte bis Ende Mai)

SZF Sommerzwischenfrucht (überwiegend nach Getreide-Ganzpflanzensilage, Aussaat bis Ende Juni)

Ein generelles Problem im Sorghumanbau – mit Ausnahme der Sorte Lussi – ist das Erreichen des zur Silierung notwendigen Mindest-TS-Gehaltes von 28 %.

Verbesserungsbedarf bei Sorghum

Die Wettbewerbsfähigkeit des Sorghumanbaus wird zukünftig in entscheidendem Maße von der Adaptation der Kultur an die Produktionsbedingungen in Deutschland abhängen. Die Sorghumzüchtung steht diesbezüglich erst am Anfang. Angesichts der im Hinblick auf die Kältetoleranz von Sorghum vielversprechenden genetischen Variation (Fiedler et al. 2009) ist in absehbarer Zeit mit einer Verbesserung der Frühsaatverträglichkeit und somit auch einer schnelleren Abreife bei Sorghum zu rechnen. Im Projektverlauf wurde weiterhin deutlich, dass bezüglich der Saatgutqualität (Keimfähigkeit, Triebkraft) und der Standfestigkeit der Sorten noch Verbesserungsbedarf besteht.

Sorghumanbau in Deutschland –

Das sagt die Praxis

Die im Rahmen des Verbundprojektes durchgeführte Praxiserhebung zeigt, dass – trotz oben genannter Probleme – in der landwirtschaftlichen Praxis hohes Interesse am Sorghumanbau besteht. Auch die Anbauerfahrungen werden von den Landwirten als überwiegend positiv eingestuft. Die Mehrzahl der Praxisbetriebe gab zudem an, den Anbau fortführen zu wollen. Als Gründe hierfür wurden angeführt:

- Risikominimierung – relative Ertragsicherheit auf leichten, trockenen Böden
- Risikominimierung – kaum Wildschaden

- Standortnutzung – auf für Mais ungeeigneten Flächen, Alternative bei Begrenzung des Maiseinsatzes in Biogasanlagen sowie zur Flächenstilllegung
- Fruchtfolge – günstige zeitliche Arbeitsverteilung, flexible Saattermine, Anbau als Zweitfrucht möglich
- Nährstoffversorgung – Gülle und Gärrestverwertung
- Landtechnik – vorhandene Technik verfügbar

Quellen

Fiedler et al. (2009): Evaluierung der Kältetoleranz von *Sorghum bicolor*. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 21: 237–238.

Jäger, F. (2009): Vielfalt im Fermenter. Sorghum als sinnvolle Ergänzung im Energiepflanzenbau? Neue Landwirtschaft, 3/2009: 98–101.

TFZ Straubing (2010): Merkblatt: Sorghum für die Verwendung in Biogasanlagen.

Weißbach, F. (2009): Wie viel Biogas liefern nachwachsende Rohstoffe? Neue Methode zur Bewertung von Substraten für die Biogasgewinnung. Neue Landwirtschaft, 11/2009: 107–112.

End- und Zwischenberichte der am Projekt beteiligten Institutionen (siehe Anhang)

ANHANG

Beteiligte Institutionen/Einrichtungen

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)

Fachbereich Pflanzliche Erzeugung,
Referat Pflanzenbau, Nachwachsende
Rohstoffe
Gustav-Kühn-Straße 8
04159 Leipzig

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)

Agrarökologie und landw. Bodenschutz
Referat 450
Naumburger Straße 98
07743 Jena

Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg (LELF)

Ref. Ackerbau und Grünland
Güterfelde
Stahnsdorfer Damm 1
14532 Stahnsdorf

Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ)

Sachgebiet Rohstoffpflanzen und Stoffflüsse
Schulgasse 18
94315 Straubing

Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK NI)

Mars-La-Tour-Straße 1-13
26121 Oldenburg

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei (LFA)

Mecklenburg-Vorpommern
Dorfplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen

Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (LLFG)

Sachsen-Anhalt
Strenzfelder Allee 22
06406 Bernburg

Forschungsinstitut für Bergbau- folgelandschaften e.V. (FIB e.V.)

Brauhausweg 2
03238 Finsterwalde

Umweltforschungszentrum Halle-Leipzig (UFZ)

Department Bodenphysik
Theodor-Lieser-Straße 4
06120 Halle

Saatzucht Steinach GmbH

Station Bornhof
Klockower Straße 11
17219 Bocksee



LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

OT Gülzow, Hofplatz 1

18276 Gülzow-Prüzen

Tel.: 03843/6930-0

Fax: 03843/6930-102

info@fnr.de

www.nachwachsende-rohstoffe.de

www.fnr.de

www.energiepflanzen.info

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier
mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 569

FNR 2012

