Immer für Sie erreichbar!

KWS SAAT AG
Grimsehlstraße 31
D-37555 Einbeck
Tel.: 0 55 61 / 311-227
Fax: 0 55 61 / 311-600
E-Mail: info@kws.de

KWS MAIS GMBH
Grimsehlstraße 31
D-37555 Einbeck
Tel.: 0 55 61 / 311-325
Fax: 0 55 61 / 311-447
E-Mail: info@kws.de

KWS LOCHOW GMBH
Ferdinand-von-Lochow-Str. 5
D-29303 Bergen
Tel.: 0 50 51 / 4 77-0
Fax: 0 50 51 / 4 77-165
E-Mail: info@kws-lochow.de

Diese Ergebnisse/Eigenschaften haben die beschriebenen Sorten in der Praxis und in Versuchen erreicht. Das Erreichen der Ergebnisse und die Ausprägung der Eigenschaften hängen in der Praxis jedoch auch von unsererseits nicht beeinflussbaren Faktoren ab. Deshalb können wir keine Gewähr oder Haftung dafür übernehmen, dass diese Ergebnisse/Eigenschaften unter allen Bedingungen erreicht werden.

Schutzgebühr: 5,00 €

KWSM105-096_2009

Anbauratgeber für die Biogasproduktion

Anbauratgeber
für die Biogasproduktion

KWS
Zukunft säen
seit 1856

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung **4**

II. Kriterien für die Auswahl von NAWAROs **10**

1. Pflanzenbauliche und ökonomische Faktoren 10
2. Anforderungen für die Umsetzung im Fermenter 11

III. Ausgewählte Fruchtarten für den Energiepflanzenanbau . **14**

1. Silomais 14
   - 1.1 KWS Energiemaiszüchtung 14
   - 1.2 Sortenwahl 18
   - 1.3 Anbautechnik 19
   - 1.4 Ernte 28
2. Winterroggen 31
   - 2.1 Standortfaktoren 31
   - 2.2 Trockenmassebildung 34
   - 2.3 Hybridroggen 35
   - 2.4 Grünschnittroggen 40
3. Zuckerrübe 42
   - 3.1 Standortfaktoren 44
   - 3.2 Anbautechnik 45
   - 3.3 Ernte 57
   - 3.4 Sortenwahl 63
4. Sonnenblume 65
   - 4.1 Eigenschaften 66
   - 4.2 Anbautechnik 66
   - 4.3 Ernte 72
   - 4.4 Sortenwahl 72

5. Sorghum (Hirse) **74**
5.1 Eigenschaften 74
5.2 Sorghum-Arten 75
5.3 Zuchtziele 78
5.4 Sortenentwicklung 80
5.5 Anbauhinweise 81

IV. Ernte und Konservierung **82**
1. Anforderungen an den Ernteprozess 82
2. Anforderungen an die Einlagerung 86
3. Entnahme 88
4. Berechnung der Trockenmasseerträge 90

V. Einsatz der Biogasgülle **92**
1. Anfallende Mengen 93
2. Auswirkungen der Vergärung 95
3. Hinweise zur Ausbringung 98
4. Gesetzliche Vorgaben 99

Ihre Berater... ..... **104**
...für Zuckerrüben 104
...für Mais, Sonnenblumen und Sorghum 105
...für Getreide 106

I. Einleitung

Die Erzeugung von Energiepflanzen hat sich in den letzten Jahren in der Landwirtschaft als zusätzlicher Betriebszweig etabliert. Der Energiepflanzenanbau wird mit ebenso hoher Professionalität betrieben wie die traditionellen Betriebszweige.

Unter den unterschiedlichen Nutzungsarten der Pflanzen zur Energiegewinnung ist die Erzeugung von Biogas durch die Novelle des EEG im Jahre 2004 am weitesten verbreitet.

Diese Broschüre befasst sich mit dem Anbau von Energiepflanzen, die als Substrat in der Biogasanlage eingesetzt werden können.
Mittlerweile werden neben heimischen Kulturpflanzen auch bisher fremde Kulturen, welche sich in ihrer Art zur Substraterzeugung für Biogasanlagen eignen, züchterisch bearbeitet um sie an hiesige Standortverhältnisse anzupassen. Hier wird vor allem mit Sorghum als Wasser sparende Alternative für den Einsatz in der Biogasanlage gearbeitet.

Trotz des züchterischen Fortschritts bei dieser Kultur stellt der Anbau langjährig etablierter, heimischer Kulturpflanzen derzeit den wirtschaftlichsten Weg der Substratbereitstellung für Biogasanlagen auf Basis nachwachsender Rohstoffe dar.

Die Preise für Agrarprodukte unterlagen in letzter Zeit einem deutlichen Aufwärtstrend und liegen fortwährend auf einem höheren Niveau als noch vor fünf Jahren. Die enorm gestiegenen Kosten für fossile Energieträger lassen die Produktionskosten unentwegt steigen, sodass höhere Produktpreise ökonomisch notwendig sind um kostendeckend zu wirtschaften.

Dies verursacht einen höheren Preis auch für nachwachsende Rohstoffe. Deren Wirtschaftlichkeit wird nicht nur durch gestiegene Produktionskosten, sondern auch durch höhere Flächennutzungskosten belastet.
Während in den vergangenen Jahren die Substratbereitstellung ca. 40 % der jährlichen Kosten einer Biogasanlage ausmachte, beträgt dieser Anteil unter gegenwärtigen Preisen oft 60 % und mehr.
Auch hat sich die Substratzusammensetzung in den Biogasanlagen gewandelt. Der wirtschaftliche Einsatz von Getreideschrot in Biogasanlagen ist von den Getreidepreisen abhängig.
Diese Entwicklung bestätigt die Anstrengungen von Forschung und Praxis, die Flächeneffizienz bei der Erzeugung von nachwachsenden Rohstoffen für erneuerbarere Energien fortwährend zu steigern.

Maissilage macht mit über 80 % der eingesetzten Substrate weiterhin den größten Anteil aus. Jedoch sind auch andere Kulturen wie Hybridroggen – GPS, Grünschnittroggen, Zuckerrüben, Sorghum und Sonnenblumen wichtige nachwachsende Rohstoffe, die für die Biogaserzeugung zur Verfügung stehen. In vielfältigen Praxisversuchen hat sich gezeigt, dass durch die Kombination von verschiedenen Substraten eine Stabilisierung des Gärprozesses zu erreichen ist. Eine breite Palette verschiedener Kulturen als Substrat hat also Vorteile gegenüber der Monovergärung einer einzelnen Pflanze.

Daneben ergeben sich durch den Anbau verschiedener Kulturen Vorteile in der Fruchtfolge, die Risiken des Ertragsausfalls einer Kultur werden auf mehrere Kulturen mit unterschiedlichen Vegetationsperioden verteilt, und die Biodiversität wird erhöht. Der Anbau mehrerer geeigneter Kulturen bietet die Möglichkeit, eine Energiepflanzenfruchtfolge zu etablieren.
Diese Broschüre beschäftigt sich speziell mit der Auswahl und dem Anbau, der Ernte und Konservierung der verschiedenen Kulturpflanzen und deren Vorzüge in der Biogaserzeugung.
Nicht zuletzt entsteht nach der Vergärung ein hochwertiger Wirtschaftsdünger, dessen Eigenschaften sich von herkömmlicher Gülle aus der Tierproduktion unterscheiden. Auf die besonderen Eigenschaften der Gärreste und deren Nutzung als Dünger wird im letzten Kapitel dieser Broschüre eingegangen.

Zu den erfolgreich etablierten Substraten zählen zum einen der Silomais sowie die heimischen Getreidearten, wobei hier eine Nutzung als Ganzpflanzensilage aus ökonomischer Sicht von zunehmendem Interesse ist. Neben diesen Leitkulturen nehmen aber auch Zuckerrüben, Sorghum und Sonnenblumen ihre berechtigten Plätze im Substratmix ein.

Mais:
Die Erfolgsgeschichte des Silomaisanbaus für die Rinderfütterung hat sich in eindrucksvoller Weise in der Biogaserzeugung wiederholt. Sehr hohe Biomasseleistungen und bekannte Produktionstechnik verhalfen dem Mais zu einem Anteil von über 80 % am Substratmix. Nicht zuletzt ist die gute Konservierbarkeit von Silomais Garant für eine ganzjährige Versorgung der Biogasanlage. Durch den Fokus auf spezielle Energiemaissorten kann die Hektareffizienz zudem allein durch Sortenwahl beeinflusst werden.

Winterroggen:
Winterroggen hat durch seine zügige Ertragsentwicklung im Frühjahr und hohen Trockenmasseerträgen, welche unter geringen Ansprüchen an Boden und Klima erreicht werden, einen hohen Stellenwert für die Biomasseerzeugung erlangt. Vor allem Hybridroggen-Ganzpflanzensilage spielt hier eine Rolle. Für die energetische Aufwertung des Biogases hat Roggenschrot Vorteile. In Regionen mit ausreichender Wasserversorgung empfiehlt sich Grünschnittroggen als Winterzwischenfrucht vor einer Sommerung, beispielsweise Silomais.

Zuckerrüben:
Die Zuckerrübe hat aufgrund ihres hohen Gehaltes an schnell vergärbaren Glucoseverbindungen auch in den Substratmix der Biogasanlagen Einzug gehalten. Zudem zeichnet sie sich durch einen geringen Gehalt an schwer vergärbaren Bestandteilen wie Hemicellulose und Lignin aus. Durch ihre sehr hohen Frischmasseerträge – gepaart mit akzeptablen TS-Gehalten – bietet die Zuckerrübe einen hohen Trockenmasseertrag je Hektar. Weiterhin werden vielfältige Versuche durchgeführt, um die Zuckerrübe als Substrat das ganze Jahr hindurch einsetzen zu können.

Sorghum:
Diese wärmeliebende C_4-Pflanze empfiehlt sich durch ihre enorme Biomasseleistung und einer dem Silomais ähnlichen Silierfähigkeit als hervorragende Komponente im Substratmix. Sorghum benötigt zudem weniger Wasser je Kilogramm Trockensubstanz als der ohnehin schon sparsame Mais und stellt somit für die trockenen Standorte in Ostdeutschland eine interessante Alternative zu Mais dar. Um die Vorteile dieser Kultur in den kühleren Regionen nutzen zu können, wird im Hause KWS mit Hochdruck an einem speziell auf Biomasseleistung ausgerichtetem Zuchtprogramm für Energie-Sorghum gearbeitet.

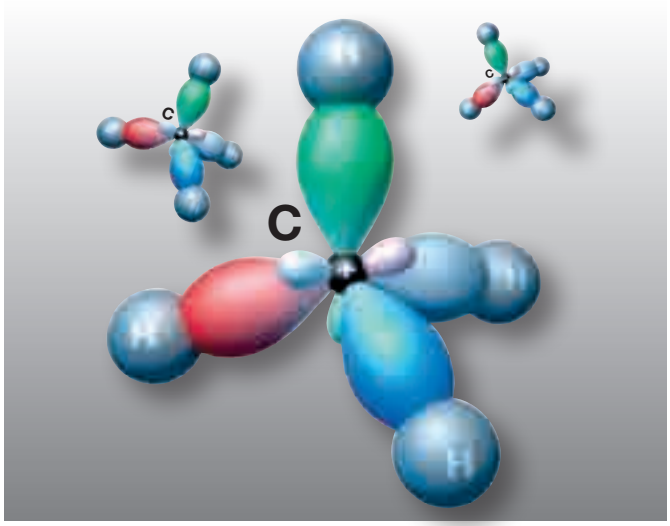
Sonnenblume:
Die Sonnenblume hat sowohl agronomisch als auch in der Vergärung Vorteile und bestätigt so ihren Platz unter den Energiepflanzen. Eine rasche Jugendentwicklung und Kälteverträglichkeit, kurze Vegetationszeit und hohe Trockenheitstoleranz zeichnen die Sonnenblume im Anbauverfahren aus. Die hohen Ölgehalte im Korb ermöglichen es, das entstehende Biogas in seinem Methangehalt aufzuwerten.

Auf Grundlage dieser vielfältigen Kulturen lässt sich eine dem Standort und den Anforderungen des Betriebes in arbeitswirtschaftlicher und ökonomischer Sicht entsprechende Fruchtfolge erarbeiten.

Durch die Vorzüge der verschiedenen Substrate in der Vergärung kann ebenso auf die Anforderungen der Gärprozesse eingegangen werden.

Die Vielfalt der Kulturen bringt nicht zuletzt Vorteile im Gärprozess, sie steigert auch die Biodiversität und damit die Akzeptanz der Bioenergieerzeugung in Politik und Bevölkerung. Zudem wird der Landwirt so den Anforderungen aus Cross-Compliance in guter fachlicher Praxis gerecht.

Methanmolekül



Bei der Auswahl der geeigneten Fruchtart für die Verwendung in der Biogasanlage ist eine Vielzahl von Faktoren zu berücksichtigen. Neben pflanzenbaulichen und ökonomischen Faktoren sind die Anforderungen im Fermenter die wichtigsten Entscheidungskriterien für die Einsatzwürdigkeit.

1. Pflanzenbauliche und ökonomische Faktoren:

- Standortgegebenheiten (Wärme, Wasserversorgung, Vegetationszeit)
- Ertragspotenzial
- Bereitstellungskosten je m^3 Methan
- Eingliederung in die betriebliche Fruchtfolge
- sichere und kostengünstige Konservierbarkeit
- technisch zuverlässige und kostengünstige Einbringung in den Fermenter

2. Anforderungen für die Umsetzung im Fermenter:

- geringe Schmutzanteile (Steine, Sand, Fremdstoffe etc.)
- geringe Neigung zur Schwimm- bzw. Sinkschichtbildung
- technische Anforderungen
- geringe Schadstoffkonzentrationen
- hohe Biogas- und Methanausbeute
- hohe Abbaubarkeit der organischen Substanz
- C-N-Verhältnis: 10 : 1 bis 40 : 1
- C-N-P-S Verhältnis: 500 : 15 : 5 : 3

Trotz intensiver Forschungs- und Züchtungsarbeit mit neuen Kulturen liefern die heimischen Fruchtarten durch hohe, stabile Erträge derzeit das kostengünstigste Methan.

Biogasausbeuten je Hektar sind abhängig von:

- Biomasseertrag und Methangehalt der Frucht
- Reifegrad der Pflanzen
- Erntezeitpunkt
- Düngung
- Qualität des Häckselgutes (z. B. Häckselgröße)
- Konservierungsform des Ernteguts
- Verweildauer im Fermenter

Vergleich unterschiedlicher Kulturen hinsichtlich Methanerträge pro Hektar und Kosten je m³ Methan

Kulturarten Erträge		Energiemais	Roggen GPS	Sorghum	Zuckerrüben	Grassilage (Weidelgras)	Sonnen-blumen	Getreidekorn (Roggen)	Grassilage (Wiese)
Biogasertrag	m³/t FM	200	200	155	180	190	130	600	190
TS Gehalt	in %	33	33	28	23	35	25	86	35
Biogasertrag	m³/t oTS	606	606	554	783	543	520	698	543
Methangehalt	Vol.-%	53	54	53	55	55	57	53	54
Methanertrag	m³/t FM	106	108	82	99	105	74	318	103
Methanertrag	m³/t oTS	321	327	293	430	299	296	419	293
Hektarerträge	t FM/ha	60,6	40,0	55,0	70,0	34,0	45,0	7,5	26,7
Hektarerträge	t oTS/ha	20,0	13,2	15,4	16,1	11,9	11,3	6,5	9,3
Biogaserträge	m³/ha	12120	8000	8525	12600	6460	5850	4500	5073
Kulturarten		**Energiemais**	**Roggen GPS**	**Sorghum**	**Zuckerrüben**	**Grassilage**	**Sonnen-blumen**	**Getreidekorn**	**Grassilage**
€/m³ Methan		0,201	0,200	0,243	0,252	0,253	0,267	0,295	0,259
Methanerträge	m³/ha	6424	4320	4518	6930	3553	3335	2385	2739
Var.Kosten									
Saatgutkosten	€/ha	200	120	200	205	28	102	120	38
Pflanzenschutz	€/ha	69	50	69	218		70	102	
Eigenmechanisierung	€/ha	137	120	137	182	202	166	161	170
Gärrestausbringung	€/ha	207	136	159	166	123	116	67	97
Düngungkosten (Entzug)	€/ha	163	107	125	131	97	92	52	76
Kosten Ernte-Einlagerung	€/ha	440	290	339	737	427	248	150	311
Silounterhalt	€/ha	41,21	27,20	37,40	47,60	23,12	30,60	37,50	18,16
Versicherung	€/ha	34,00	13	31	57	0	66	13	0
Summe var. Kosten	**€/ha**	**1290**	**864**	**1098**	**1744**	**900**	**890**	**703**	**710**
Summe var. Kosten	**€/t**	**21,3**	**21,6**	**20,0**	**24,9**	**26,5**	**19,8**	**93,7**	**26,6**
Methan	**€/m³**	**0,201**	**0,200**	**0,243**	**0,252**	**0,253**	**0,267**	**0,295**	**0,259**

Stand: Oktober 2008
Quelle: eigene Berechnung

1. Silomais

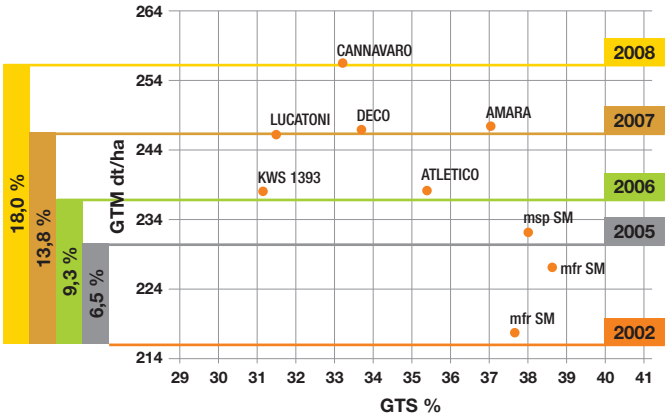
Seit dem Beginn der Biogasbewegung in Deutschland stand der Einsatz von Mais als Substrat an vorderster Stelle. Auch nach der zweiten Novellierung des EEGs wird die Vorzüglichkeit keinen Abbruch erleiden. Die hohen Trockenmasseerträge und der stetige züchterische Ertragsfortschritt garantieren in Verbindung mit hohen Gasausbeuten pro kg deutliche wirtschaftliche Vorteile im Vergleich zu vielen anderen Kulturen. Die hervorragende Silierfähigkeit, Lagerfähigkeit und Vergärbarkeit, bekannte Produktions- und Konservierungsverfahren und eine kostengünstige Erzeugung machen Mais unverzichtbar.

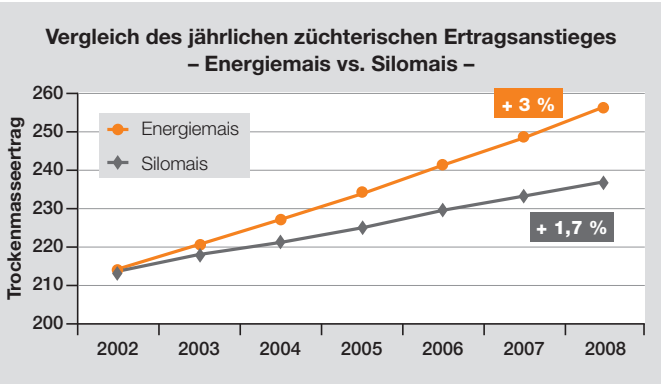
1.1 KWS Energiemaiszüchtung

Hinter dem Begriff KWS Energiemais verbirgt sich der Anspruch für die Biogasanlagen Maissorten zu züchten, welche für die Methanproduktion optimiert sind. 2002 wurde dieser weltweit einzigartige Weg eingeschlagen, der zum Ziel hatte die Methanerträge pro Hektar durch die Steigerung der Trockenmasseerträge pro Hektar zu erhöhen. Um die Erträge deutlich stärker und schneller zu steigern, als dies bei Silomais bislang möglich war, wurde die KWS Energiemaiszüchtung von der normalen Silomaiszüchtung abgekoppelt. Dies war zwingend notwendig, um die unterschiedlichen Anforderungen der Tierernährung und der Methanproduktion erfüllen zu können.

Nach 6 Jahren intensiver Züchtung zeigt sich in Versuchen der Erfolg dieses Züchtungskonzeptes.
Ein Vergleich der verschiedensten Genetik aus dem vergangenen Jahr zeigt den deutlich rascheren Ertragsanstieg des Energiemais.

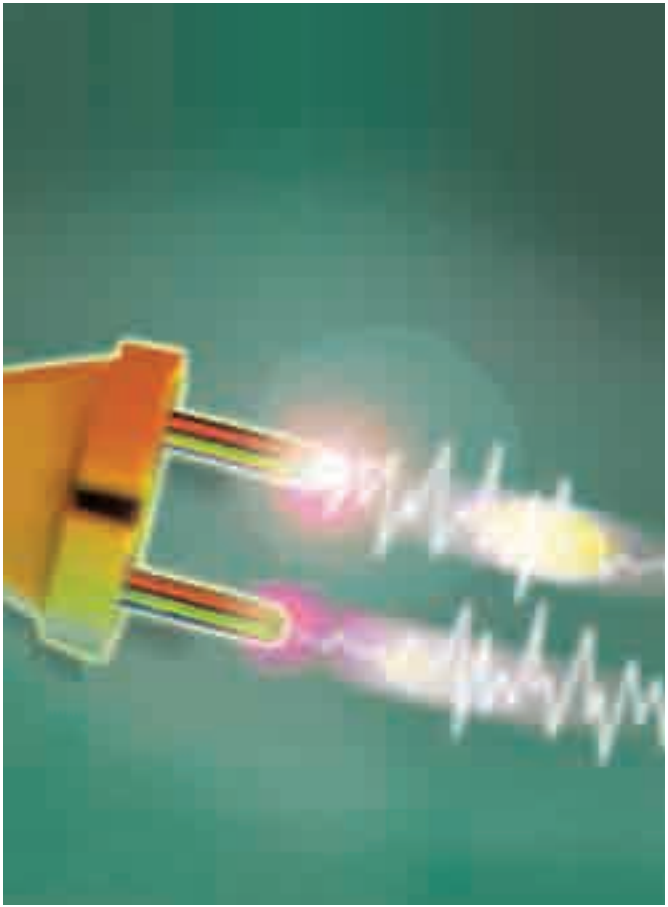
KWS Energiemais – Produktentwicklung
KWS Energiemais 2007 Leistungsprüfung · Serie 105
(Mittelwert über 9 Umwelten in Deutschland)





Während in der Anfangsphase häufig über den „richtigen Mais“ für die Biogasanlage diskutiert wurde, hat sich im Laufe der Zeit nicht zuletzt durch eine Vielzahl von wissenschaftlichen Untersuchungen (Dr. J. Eder et al., Dr. Oechsner et al., Dr. F. Kaiser) das Hauptmerkmal für die Produktion von Biogas herauskristallisiert: Der Trockenmasseertrag pro Hektar. Somit findet auch der Weg der KWS Energiemaiszüchtung seine Bestätigung.

Je höher die Biomasseleistung einer Sorte pro Hektar ist, umso höher auch der Methanertrag pro Hektar und letzten Endes die Wirtschaftlichkeit der Biogasanlage. In Zeiten der Flächenknappheiten wird dieser Faktor immer wichtiger. Die Konkurrenz um Flächen steigt in einigen Regionen zusehends. Es konkurriert vor allem der Anbau für Biogasanlagen mit der Futterbereitstellung für Rinder. Oberste Priorität muss es deshalb sein die Erträge zu steigern.



1.2 Sortenwahl

Für die Sortenwahl bei der Biogasproduktion ist eine Vielzahl von betriebsindividuellen Faktoren ausschlaggebend.

Entscheidungskriterien für die Sortenwahl bei der Biogaserzeugung:

- Verwendungszweck

Sortenwahl nach Verwendungszweck

Biogasanlage	Biogasanlage + Rinderfütterung	Biogasanlage + Rinderfütterung + Körnermais
↓	↓	↓
KWS Energiemais		
ertragsstärkste Silomaissorten	ertragsstärkste Silomaissorten	ertragsstärkste Doppelnutzungs-sorten

- Trockenmasseertrag je Hektar
- Ertragssicherheit
  Für einen wirtschaftlich erfolgreichen Betrieb der Biogasanlage ist die Bereitstellung qualitativ hochwertiger, ganzjährig verfügbarer Substrate erforderlich. Bei der Wahl der Sorte ist somit neben dem Kriterium der Ertragsleistung auf eine sichere Ausreife zu achten.
  Der Einbezug von betriebsindividuellen Standortinformationen rundet eine erfolgreiche Sortenwahl ab.
  Zu den wichtigsten Kriterien zählen:
  - Angebot an Wärme
  - Zur Verfügung stehendes Wasser
  - Auftreten von Krankheiten
- Anlagengröße
  Die Größe der Anlage und damit der Flächenbedarf sind ebenso für die Wahl der Sorten entscheidend. Je größer die Anlage ist, desto größer ist der Zeitbedarf für die Ernte, desto wichtiger ist eine Staffelung der Sorten nach der Reifezahl, um optimale TS-Gehalte zu erreichen.

1.3 Anbautechnik

Die Anbautechnik für den „Biogasmais“ unterscheidet sich nicht von den Anforderungen des herkömmlichen Silomais für die Rinderfütterung. Bei Saatbettbereitung, Anbau, Düngung, Pflanzenschutz und Ernte muss dieselbe Sorgfalt aufgebracht werden wie für die Futtergewinnung. Oberstes Ziel muss es sein, hohe Hektarerträge zu erzielen. Die Bestandesführung und die Ernte müssen auf eine möglichst geringe Verschmutzung des Substrates und auf das Erzielen qualitativ hochwertiger Silagen ausgerichtet sein.

Vorfrucht:
Mais stellt keine besonderen Ansprüche an die Vorfrucht, er ist selbstverträglich, Fruchtfolgekrankheiten sind die Ausnahme. Mit zunehmendem Maisanbau in der Fruchtfolge steigt jedoch die Gefahr eines Befalls mit dem *Maiszünsler*. Dieser Schädling ist derzeit der bedeutendste und breitet sich Jahr für Jahr weiter in die nördlichen Anbaugebiete aus.

Bei der Ernte der Vorfrucht ist dafür Sorge zu tragen, dass aufgrund ungünstiger Witterungsverhältnisse und schwerer Erntemaschinen keine Bodenverdichtungen entstehen. Sollte dies doch der Fall sein, müssen diese zuverlässig beseitigt werden.

Standorte:
Als wärmeliebende, tropische Kulturpflanze stellt Mais besondere Ansprüche. Die Anforderung an eine rasche Erwärmung im Frühjahr ist dabei besonders hoch.

Physiologische Anforderungen in den unterschiedlichen Wachstumsstadien:

Keimung:	Bodentemperatur	8–10 °C
Jugendentwicklung:	Bodentemperatur	> 10 °C

Auswirkungen ungünstiger Temperaturverläufe:

Jugendentwicklung:	mehrere Tage < 10 °C chlorotische Blattverfärbung
Spätfröste:	längere Fröste unter –3 °C führen zum Abfrieren
Frühfröste:	im Herbst unter –2 °C (wenige Stunden) vorzeitiges Beenden der Kornabreife

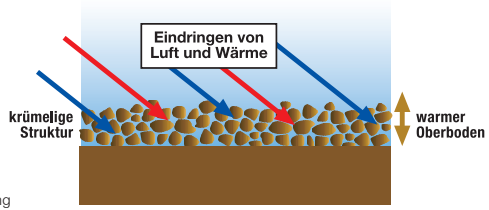
Hohe Bodentemperaturen ermöglichen eine rasche Keimung, einen hohen Feldaufgang und eine rasche Jugendentwicklung, welche eine gute Unkrautunterdrückung bewirkt. All diese Auswirkungen spiegeln sich in letzter Konsequenz im Ertrag und in der Qualität wider.

Vor- und Nachteile der verschiedenen Bodenarten		
Bodenart	**Vorteile**	**Nachteile**
leicht	Erwärmung, Bearbeitbarkeit	Wassermangel, Erosion, Nährstoffverlagerung
mittel	Wasser, Nährstoffe, Bearbeitbarkeit	
schwer	Wasser, Nährstoffe	langsame Erwärmung, Verkrustungen, Verdichtungen
Moorböden	Wasser	langsame Erwärmung, Spätfröste, pH-Wert
staunasse, verdichtete Böden		langsame Erwärmung, langsame Mineralisation, ungünstige Krümelstruktur

Quelle: eigene Darstellung

Um eine rasche Erwärmung des Bodens im Frühjahr zu erreichen, muss der Boden **locker, verdichtungsfrei und krümelig** sein. Bei der Saatbettbereitung und der Aussaat ist auf die Befahrbarkeit der Böden und zudem auf eine gute **Rückverfestigung** zu achten.

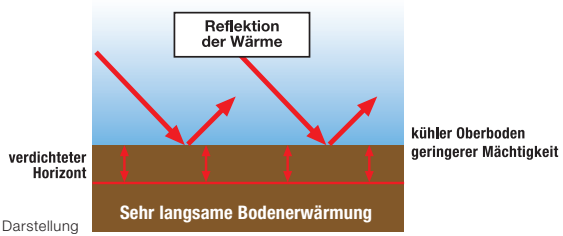
Bodenbeschaffenheit für ideale Startbedingungen



Quelle: eigene Darstellung

Verdichtete, staunasse Böden, die eine rasche Erwärmung im Frühjahr verhindern und die notwendige intensive Durchwurzelung und Nährstoffversorgung nicht gewährleisten, sind für den Maisanbau wenig geeignet.

Beispiel schlecht strukturierter Böden



Quelle: eigene Darstellung

Aussaat:

Saatzeit	
Hauptfrucht:	ab Mitte April bis Mitte Mai (Voraussetzung: warme, gut abgetrocknete, tragfähige Böden, Bodentemperatur 8–10 °C)
Zweitfrucht:	abhängig von Jahreswitterung, Standort
Reihenabstand:	Einzelkornsaat 75 cm bis 37 cm
Bestandes-dichte:	abhängig von Sorte, Bodenqualität, Wasser- und Stickstoffversorgung

Allgemeine Empfehlung der Bestandesdichte

Reifegruppe	Wasserversorgung	
	gut	Wassermangel
früh (bis 220)	10–12	7–9
mittelfrüh (230–250)	9–10	6–8
mittelspät (260–290)	8–9	6–7
spät (über 300)	8	6–7

Quelle: eigene Darstellung

Auskunft zur idealen Bestandesdichte für Ihre KWS Maissorte erhalten Sie in den entsprechenden Sortenblättern, im Internet oder bei Ihren regionalen KWS Beratern.

Düngung:

Empfohlene Düngung		
Art	Menge (kg/ha)	Ausbringzeitpunkt
Stickstoffdüngung	140–200	vor der Saat, Unterfuß, vor oder nach dem Auflaufen
Phosphatdüngung	80–110	Unterfuß
Kaliumdüngung	200–250	vor der Saat (Frühjahr, Herbst)
Schwefel	30–40	vor der Saat, Unterfuß, vor oder nach dem Auflaufen
Magnesium	40–70	vor der Saat, Unterfuß, vor oder nach dem Auflaufen
Andere Nährstoffe		auf ausreichende Versorgung mit Mikronährstoffen achten

Unterfußdüngung:

Die Unterfußdüngung ermöglicht die Bereitstellung schnell pflanzenverfügbarer Nährstoffe in direkter räumlicher Nähe zur jungen Maispflanze. Dadurch wird die Gefahr von Mangelsituationen im Frühjahr reduziert, die Entwicklung der Pflanze erfolgt in der Regel ungehindert.

Mais weist in der Jugendentwicklung besonders unter kalten Bedingungen ein schlechtes Phosphataneignungsvermögen auf. Trotz des geringen Bedarfs in der Jugendentwicklung darf es zu keiner Unterversorgung kommen. Eine ausreichende Phosphatversorgung ist am besten durch eine Unterfußdüngung zusammen mit einer Startstickstoffgabe zu erreichen.

Durch eine Unterfußdüngung mit Ammonium kann sich die junge Maispflanze bedarfsgerecht ernähren. Ammoniumhaltige Dünger beeinflussen durch eine Absenkung des pH-Wertes im Wurzelraum die Verfügbarkeit von Phosphat und wichtiger Mikronährstoffe positiv.

Verschiedene Düngersorten, Stickstoffformen und Zusammensetzung

Dünger-sorte	Gesamt-stickstoff	Ammonium-Stickstoff	Nitrat-Stickstoff	sonstiges	P_2O_5
DAP	18	18			46
MAP	12	12			52
NP (23+23)	23	14,5	8,5		23
KAS	27	13,5	13,5		
Entec 26	26	18,5	7,5		
AHL 28	28	7	7	14	
Harnstoff	46			als Carbamid	

Herbizide:

Im Maisanbau sind Vor-Saat-Einarbeitung (VSE), Vorauflauf (VA)- und Nachauflauf (NA)-Verfahren möglich. Beim Einsatz von Cato, Motivell und MaisTer ist auf die Sortenverträglichkeit zu achten. Aufgrund der Fülle der Pflanzenschutzmittel können diese an dieser Stelle nicht benannt werden. Nähere Informationen erhalten Sie bei Ihrem Berater, in Fachzeitschriften, beim Handel oder im KWS Mais Anbauplaner.

Die Unkrautbekämpfung darf **nicht** vernachlässigt werden. Unkräuter und Mais konkurrieren um Wasser, Nährstoffe und Licht. Je nach Unkrautdruck wird der Mais in seiner Entwicklung unterdrückt, die Biomassebildung sinkt deutlich.

Beizschutz:

Beizmittel (Stand 8. März 2008)		
Präparat	Wirkstoff	Wirkungsspektrum
Cruiser 350 FS	Thiamethoxam	Drahtwurm, Fritfliege
Mesurol flüssig	Methiocarb	Fritfliege, Fasan, Taube, Krähe
Poncho	Clothianidin	Drahtwurm, Fritfliege, Blattläuse
Poncho Pro	Clothianidin	Drahtwurm, Fritfliege, Blattläuse, Maiswurzelbohrer
Maxim	Fludioxonil + Metalaxyl-M	Fungizid
TMTD	Thiram	Fungizid

Quelle: Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit

1.4 Ernte

Bildquelle: KRONE

Folgende Kriterien sind bei der Ernte des Silomais für die Verwertung in der Biogasanlage zu beachten:

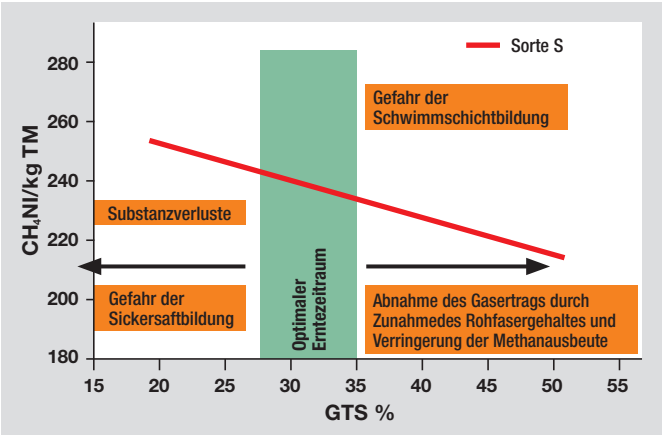
1. TS-Gehalt 28–35 %
2. Aufschluss der Körner durch Corncracker
3. Schnittlänge <= 8 mm

TS-Gehalt:
Ein wesentliches Kriterium für eine hohe Methanausbeute ist die Ernte des Mais mit dem richtigen TS-Gehalt. Der ideale TS-Gehalt liegt zwischen 28–35 %.

Dieser TS-Bereich vereint

- Ertragsmaximum
- stabile Silagen
- hohe Abbaubarkeit im Fermenter
- Optimierung der Methanausbeute
- störungsfreien Ablauf in der Biogasanlage (keine Schwimmschichtbildung etc.)

Einfluss des Reifegrades auf die Methanbildung



Quelle: Amon et al 2003, abgeändert

Aufschluss der Körner durch Corncracker:
Die Aufbereitung des Häckselgutes bei der Ernte hat einen wesentlichen Einfluss auf den Ausnutzungsgrad. Deshalb muss ein besonderes Augenmerk auf die Einstellung der Schnittlänge und des Korn-Aufbereiters (Corncracker) gelegt werden.

Die Einstellung des Aufbereiters muss so erfolgen, dass alle im Häckselgut enthaltenen Körner angeschlagen oder vollständig zerkleinert werden. Dadurch wird sicher gestellt, dass die Bakterien im Fermenter die Körner aufschließen können.

Schnittlänge:
Die Schnittlänge ist abhängig vom TS-Gehalt des Erntegutes. Kürzere Schnittlängen bieten eine größere Angriffsfläche für die Bakterien und sind für den Silierprozess von Vorteil. Ausführliche Informationen zu Ernte und Konservierung im Kapitel *Ernte und Konservierung.*

2. Winterroggen

Roggen erfreut sich steigender Beliebtheit als Gärsubstrat in Biogasanlagen und kann als solches den Gasbildungsprozess stabilisieren. Den Roggen zeichnet eine hohe Trockenheitsverträglichkeit und ein sparsamer Umgang mit den kargen Nährstoffen eines schwächeren Standortes aus. Darüber hinaus kann der Roggen auf besseren Böden sein Ertragspotenzial voll ausspielen.

2.1 Standortfaktoren

Im Vergleich zu anderen Getreidearten verbindet Roggen hohe Ertragssicherheit mit kostengünstigem Anbau. Die geringen Standortansprüche sind typisch für den Roggen. Die Gründe liegen in der hohen Leistungsfähigkeit des Wurzelsystems, der frühen Masseentwicklung der Pflanze und der langen Kornfüllungsphase.

Vergleich der unterschiedlichen Anforderungsprofile von Winterroggen, -weizen und -gerste:

Temperaturdaten/ Wasserverbrauch von:	Winter-roggen	Winter-weizen	Winter-gerste
Temperatur:			
Keimtemperatur Minimum	+1 bis +2 °C	+2 bis +4 °C	+2 bis +4 °C
Kältefestigkeit	bis –25 °C	bis –20 °C	bis –12 °C
Wachstumsbeginn (Substanzzuwachs)	+3 bis +5 °C	+5 bis +6 °C	+5 bis +6 °C
Temperatursumme	ca. 1.800 °C	ca. 2.100 °C	ca. 1.750 °C
Kältereiz zur Organdifferenzierung und Temperaturoptimum	0 bis +5 °C	0 bis +8 °C	0 bis +3 °C
Dauer	30 bis 50 Tage	40 bis 70 Tage	20 bis 40 Tage
Wasserverbrauch:			
Transpirationskoeffizient	400 l/kg TS	500 l/kg TS	425 l/kg TS

Quelle: "Winterroggen aktuell", DLG-Verlag

Als Wintergetreide ist Roggen – mit den bei anderen Getreidearten üblichen Einschränkungen – spätsaatverträglich. Alle Roggensorten sind sehr winterhart und daher im Vergleich zu anderen Wintergetreidearten diesbezüglich ertragsstabiler. Allerdings sind Böden, welche zur Staunässe neigen nicht für den Roggenanbau geeignet, da solche Böden die optimale Ausbildung des Wurzelsystems behindern.

Auch an die Bodengüte stellt Roggen wesentlich geringere Anforderungen als alle anderen Getreidearten:

Standort				
AZ < 22	AZ 23–28	AZ 29–35	AZ 36–45	AZ > 45
Winterroggen	Winterroggen	Winterroggen	Winterroggen	Winterroggen
Lupinen	Wintertriticale	Wintergerste	Wintergerste	Wintergerste
Seradella	Körnererbsen	Wintertriticale	Wintertriticale	Wintertriticale
Stilllegung	Stilllegung	Hafer	Winterweizen	Winterweizen
	Wintergerste	Sonnenblumen	Hafer	Hafer
		Körnererbsen	Sonnenblumen	Sonnenblumen
		Stilllegung	Körnererbsen	Körnererbsen
		Winterweizen	Ackerbohnen	Ackerbohnen

ackerbaulich und betriebswirtschaftlich sinnvoll

ackerbaulich möglich und betriebswirtschaftlich sinnvoll

Quelle: Roggen Situationsbericht Land Brandenburg, 2002, verändert

2.2 Trockenmassebildung

Zusammensetzung und zeitlicher Ablauf der Trockenmassebildung:

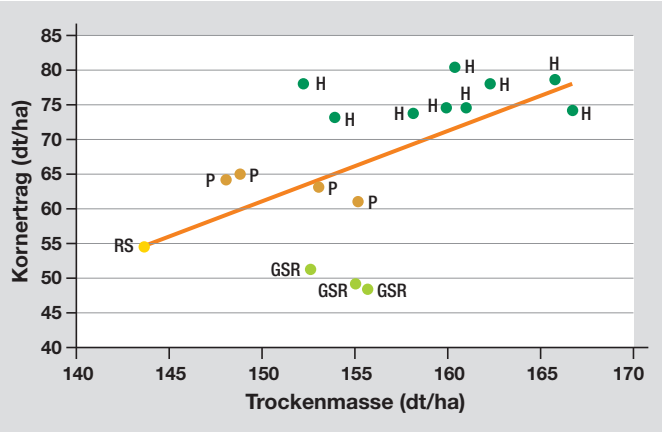
1. Zum Zeitpunkt der Bestockung bilden hauptsächlich die Blattspreiten und die Blattscheiden den Trockenmasseertrag. Während des Schossens kommen zur Blattmasse auch die Halme hinzu. Bis zum Ährenschieben überwiegt der Anteil der Halme an der Trockenmasse.

2. Nach dem Ährenschieben erfolgt die stärkste Zunahme der Trockenmasse durch die Bildung der Ähren. Ab der Blüte nimmt der Anteil der Ähren an der Trockenmasse deutlich zu.

3. Das Maximum der Gesamttrockenmasse wird zwischen Milch- und Teigreife erreicht – optimaler Schnittzeitpunkt bei 35–40 % Trockensubstanz in der Gesamtpflanze. Das Korn besitzt das größte Volumen, und die obersten Blätter sind photosynthetisch aktiv. Im weiteren Verlauf wird vermehrt schwerverdauliches Lignin eingelagert und die Eignung für die Biogasnutzung nimmt ab.

2.3 Hybridroggen

Hybridroggen kann in der Biogasanlage sowohl als Ganzpflanzensilage (GPS) als auch zur Körnernutzung eingesetzt werden. Mit Hybridroggen kann der größtmögliche Trockenmasseertrag oder der höchste Kornertrag je Hektar erzielt werden. Folgende Abbildung stellt die Verbindung von Kornertrag zum Trockenmasseertrag von Hybridroggen, Populationsroggen und Grünschnittroggen dar.



H = Hybridroggen, P = Populationsroggen, RS = Sommerroggen, GSR = Grünschnittroggen (vorläufige Ergebnisse eines gemeinsamen Experiments der Universität Hohenheim und der KWS LOCHOW GMBH, gefördert durch die FNR, 2006)

Charakteristika und Einsatzempfehlung:

Hybridroggen-Ganzpflanzensilage:

1. Überlegenheit gegenüber anderen Getreidearten hinsichtlich Ertragshöhe, Ertragssicherheit und Produktionskosten auf trockenen Standorten.

2. Sorgt als zusätzliches Substrat für die Sicherung der ganzjährigen Versorgung der Biogasanlage – besonders in trockenen Jahren.

3. Eine Beerntung zum Zeitraum Milch- bis Teigreife (35–40 % TS in der gesamten Pflanze) macht den Einsatz eines Fungizides erforderlich. Eine Einfachbehandlung mit reduzierter Aufwandmenge ist ratsam, um die Kosten gering zu halten.

4. Hybridroggen-GPS ergänzt das Nährstoffangebot für die Bakterien in den Biogasanlagen. Dies führt zu einer stabilen Gasbildung.

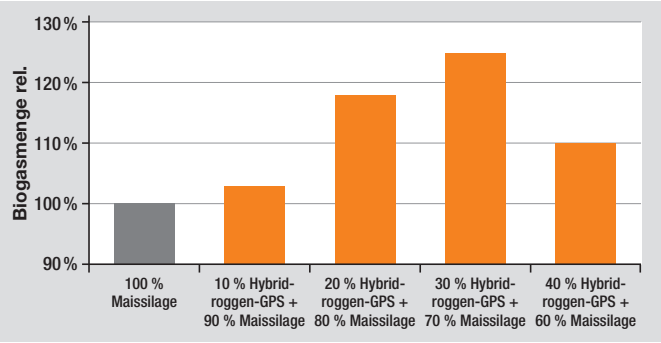
5. Hybridroggen-GPS in Kombination mit Maissilage sorgt für höhere Gas- und Methanausbeuten.

6. Hybridroggen-GPS in der Biogasfruchtfolge bricht die Arbeitsspitzen und verlängert die Zeitspanne für die Gärrestausbringung.

Hybridroggen-GPS in der Praxis:

Aus der Praxis wird berichtet, dass der Einsatz von Mais-Hybridroggen-Silagemischungen die Gasausbeuten im Vergleich zu reiner Maisfütterung steigert und auf verbessertem Niveau stabilisiert. In einem Versuch konnte gezeigt werden, dass Monovergärungen von Mais oder Hybridroggen nicht die Menge an Biogas je oTS erzielen wie Mischungen der beiden Komponenten. Bei einem Mischungsverhältnis von 70 % Mais und 30 % Hybridroggen GPS wurde im Versuch die höchste Gasausbeute erzielt.

Praxisübliche Mischungen bestehen zu 70–80 % aus Mais und zu 20–30 % aus Hybridroggen-GPS.



Rel. 100 = 556 l Biogas/oTS erzielt aus Maissilage, Vergärungsdauer 24–30 Tage
(FH Holzminden; KWS LOCHOW GMBH, 2007)

Anbauhinweise Hybridroggen-GPS:

Standorteignung	alle Böden			
Saatzeit / Saatstärke	Termin	Datum	Saatstärke	
keimfähige Körner/m²	früh	15.09.-30.09.	170–200	Saatstärken über 10 % der ortsüblichen Menge für Körnerroggen
	mittel	01.10.-30.10.	220–240	
	spät	ab 01.11.	260	
Grunddüngung N-Düngung	Standort und Bodenvorrat angepasst; organischen Anteil beachten. N-Nachlieferung aus organischer Düngung beachten.			
	Termin	BBCH-Stadium	Aufwandmenge	
	1.	25	60–80 kg N/ha	
	2.	31	30–40 kg N/ha	
	3.	37	30–40 kg N/ha	
	Gesamt		120–160 kg N/ha	
Pflanzenschutz				
Wachstumsregler	Standort	BBCH-Stadium	Mittelbeispiel	Aufwandmenge
	leichte Böden	31	CCC720	1,5–1,8 l/ha
	bessere Böden	31–32	CCC720	1,5–1,8 l/ha
		37–49	+ Camposan Extra	0,5–0,6 l/ha
Fungizide	In der Regel nicht notwendig.			
Herbizide	Anwendung wie im Körnerroggenanbau: Produkte mit guter Roggenverträglichkeit, keine Wuchsstoffe. Produkte mit niedrigem Diflufenikan-Gehalt sind vorzuziehen. Bitte beachten Sie hierzu die Anwendungsvorschriften und Hinweise Ihres zuständigen Pflanzenschutzamtes.			
Inzektizide	Nicht notwendig.			
Sonstiges	Ernte ca. Juli in der Milch- bis Teigreife (35–40 % TM in der Pflanze).			

Hybridroggen-Körnernutzung:

1. Das Roggenkorn ist reich an Energie, die für die Bakterien schnell verfügbar ist. Hybridroggen besitzt zudem ein hohes Kornertragspotenzial.

2. Roggenkorn als Beigabe zu Mais kann die Gasausbeute zusätzlich steigern. In Anlagen, die regelmäßig mit Roggenkorn (geschrotet) gefüttert werden, kann über das Getreide die Gasausbeute deutlich feiner und genauer gesteuert werden.

3. Alternative Nutzungsmöglichkeiten: Verwertung in der Anlage oder als Konsumgetreide (erhöhte Flexibilität).

4. Vergleichsweise leichte Bestandesführung, zudem sind Maschinen und das ackerbauliche Know-how auf den Betrieben bereits vorhanden.

Sortenempfehlung:
Hybridroggen-GPS oder Körnernutzung:

Sorte	Visello	Balistic	Evolo
Ährenschieben	5	5	5
Pflanzenlänge	4	3	4
Lagerneigung	4	4	4
Mehltau	4	4	4
Rhynchosporium	4	6	5
Braunrost	3	3	3
Tausendkornmasse	5	7	6
Kornertrag	9	9	9
Sortentyp	Hybride	Hybride	Hybride

3 = gering; 9 = sehr hoch

Quelle: Beschreibende Sortenliste 2008, Auszug, verändert

2.4 Grünschnittroggen (GSR) Charakteristika und Einsatzempfehlungen:

1. Grünschnittroggen ist eine Winterzwischenfrucht. Für eine frühe Grünfuttergewinnung wurden spezielle Grünmasse-Winterroggentypen gezüchtet.

2. Grünschnittroggen ist in der Lage, bereits im Frühjahr sehr hohe Mengen an Trockenmasse zu bilden.

3. Aufgrund seiner geringen Standfestigkeit muss der Grünschnittroggen spätestens Mitte Mai geerntet sein. Lagernder Grünschnittroggen führt zu Ertragsverlusten und zur Verunreinigung des Fermenters (z. B. Sand, Steine).

4. Grünschnittroggen eignet sich besonders auf wasserreichen Standorten als Maiszwischenfrucht.

5. Als Maisvorfrucht muss Grünschnittroggen entsprechend früh geerntet werden (Ende April–Anfang Mai), damit der darauf folgende Mais oder die Sonnenblume noch rechtzeitig gesät werden kann.

Sorte	Vitallo	Borfuro	Protector
Sortentyp	P	P	P
Jahr der Zulassung	2004	1996	1994
Pflanzenlänge	4	4	5
Neigung zu Lager	3	4	5
Massenbildung im Anfang	5	4	6
TM-Ertrag	5	5	6
Züchter	KWS LOCHOW	SZ Steinach	P.H. Petersen

3 = gering; 6 = mittel bis hoch Quelle: Beschreibende Sortenliste 2008, verändert

Anbauhinweise Grünschnittroggen:

Aussaat	
Saatzeit	Ende August bis Ende Oktober.
Saatmenge	320–400 keimf. Körner/m² = 120–160 kg/ha
Reihenabstand	Möglichst eng.
Düngung	
N-Düngung	N-Gesamtmenge: 100–120 kg N/ha evtl. Startgabe im Herbst (z. B. in Form von Gülle) – für eine gute Vorentwicklung und ein optimales Massewachstum nach Vegetationsbeginn – nicht im Anbau zur N-Bindung. 60–70 kg N/ha zum Vegetationsbeginn (sehr früher Wachstumsbeginn), 40–50 kg N/ha zu Schossbeginn
Grunddüngung	Nach Bodenvorrat und Entzug.
Bestandesführung	
Herbizide	In der Regel nicht notwendig.
Fungizide	Nicht notwendig.
Ernte	
Silierung	Zum Grannenspitzen – Einsatz von Silierhilfsmittel empfehlenswert.

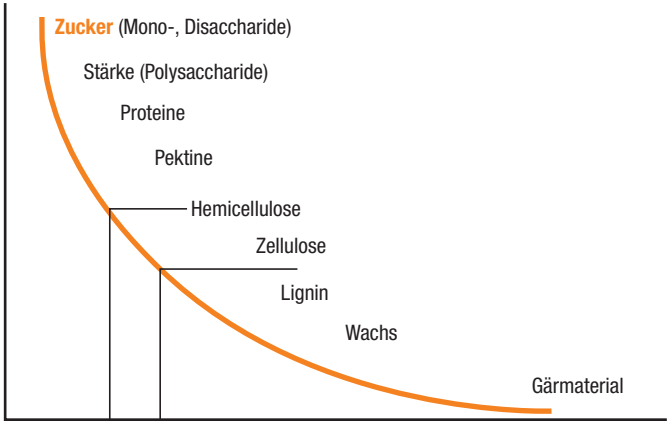
3. Zuckerrübe

Einleitung

Schon vor Jahren wurde die Zuckerrübe von einzelnen Anlagenbetreibern als hervorragendes Biogassubstrat entdeckt. Neben einem sehr hohen Ertragspotenzial bietet die Zuckerrübe einige wichtige Vorteile im Gärprozess der Biogasanlage. Ihr größter Vorteil gegenüber anderen Substraten ist eine sehr kurze Verweilzeit. In 10–15 Tagen ist die Zuckerrübe nahezu vollständig vergoren (Abb. 1). In Versuchen wurde zudem deutlich, dass die organische Trockensubstanz der Rübe zu über 95 % zu Biogas mit einer sehr hohen Methankonzentration (~55 % CH_4) umsetzbar ist. Neben dieser sehr interessanten Eigenschaft weist die Rübe aber noch einige weitere Vorzüge auf:

1. hohe Trockenmasseerträge
2. sehr hohe Flächeneffizienz dank Gesamtpflanzennutzung (Rübe + Blatt)
3. prozessstabilisierende Eigenschaften, messbar durch FOS/TAC-Werte
4. hohe N-Effizienz
5. schneller Zuchtforschritt
6. Flexible Erntetermine durch veränderte Anbaukonzepte, evtl. mit Überwinterung möglich
7. Vorhandene Logistik und Technik
8. durch die sehr schnelle Umsetzung hervorragend einsetzbar bei Leistungsschwankungen und beim „Wiederanfahren“ nach Betriebsunterbrechungen

Abb. 1: Verweilzeit verschiedener organischer Substanzen



Quelle: Eder/Schulz 2006 Biogas Praxis

Durch die schnelle Umsetzung der Zuckerrübe kann die Raumbelastung des Fermenters deutlich gesteigert werden, wodurch der Fermenter besser ausgenutzt werden kann. Dies bedeutet, dass bei gleichem Fermentervolumen mit dem Einsatz der Rübe mehr Biogas bzw. Methan produziert werden kann.

3.1 Standortfaktoren

3.1.1 Boden

Für einen erfolgreichen Rübenanbau eignen sich neben tiefgründigen, strukturstabilen Lössböden noch viele andere Bodenarten. Die Böden sollten jedoch möglichst steinfrei und nicht staunass sein. Wenn die Wasser- und Nährstoffversorgung gesichert ist, können Zuckerrüben auch auf anmoorigen und sandigen Böden angebaut werden.

3.1.2 Klima

Die Zuckerrübe wird vorwiegend in den gemäßigten Klimazonen angebaut, in einem genügend warmen, aber nicht zu feuchtem Klima. Die Rübe hat einen, im Vergleich zu anderen Kulturen die in unseren Breitengraden angebaut werden, geringen Transpirationskoeffizienten (Wasserbedarf 350 – 450 l/kg TM). Das heißt zum einen, dass sie Trockenphasen ohne größere Ertragseinbußen überstehen kann und einen verhältnismäßig geringen Wasserbedarf zur Bildung von einem kg/Trockenmasse hat. Zur Ertragbildung benötigen Zuckerrüben eine Vegetationsdauer von 180–220 Tagen. Im August/September fördern sonnige Tage und kühle Nächte die Zuckereinlagerung. Zuckerrüben sind empfindlich gegenüber Spätfrösten im Jugendstadium (> –5 °C).

3.2 Anbautechnik

3.2.1 Fruchtfolge

Rüben haben einen sehr guten Vorfruchtwert. Um den Vorfruchtwert nutzen zu können, sollte als Folgekultur Getreide angebaut werden. Neben dem hohen Nährstoffangebot wird der Krankheitsdruck von Schädlingen und Pilzen minimiert. Rüben sollten nicht enger als in einer 3-jährigen Fruchtfolge angebaut werden, um die Entwicklung von Fruchtfolgekrankheiten, wie beispielsweise Nematoden, zu vermeiden.

Da auch der Raps eine Wirtspflanze des Rübenzystennematoden Heterodera schachtii ist, sollte eine gemeinsame Fruchtfolge von Rüben und Raps möglichst vermieden werden. Nematodentolerante Zuckerrübensorten von KWS bieten Hilfe im Anbau auf Flächen, die bereits mit Nematoden belastet sind. Das Thema Nematoden finden Sie außerdem in der KWS Nematodenbroschüre ausführlich erläutert. In Verbindung mit Maisanbau besteht unter bestimmten Bedingungen die Gefahr der Ausbreitung von Rhizoctonia solani. Nähere Informationen finden sie in der speziellen KWS Rhizoctonia-Broschüre.

3.2.2 Bodenbearbeitung

Beim Anbau von Zuckerrüben muss eine standortangepasste Grundbodenbearbeitung erfolgen. Es gibt hierfür mehrere gängige Verfahren, wie beispielsweise den Pflug (Winterfurche, Frühjahrsfurche) und das Mulchsaatverfahren (nach Zwischenfrucht oder auch Strohmulch). Die Mulchsaat ist seit Jahren ein häufig praktiziertes Verfahren im Zuckerrübenanbau. Der Erosionsschutz hat hier eine besondere Bedeutung. Ein zusätzlicher wichtiger Effekt bei der Mulchsaat mit Zwischenfruchtanbau ist die Stickstoffbindung durch die Pflanzenmasse im Winter.

Grundsätzlich sollte jedoch bei allen Verfahren einmal im Jahr auf Krumentiefe gelockert werden, um der Zuckerrübe eine gute Wurzelbildung zu ermöglichen. Mit der Grundbodenbearbeitung (Pflug, Grubber) sollte die Voraussetzung für gutes, ebenes und tragfähiges Saatbett geschaffen werden.

Abb. 2: Beinige Rübe aufgrund von Bodenverdichtungen

Quelle: KWS eigene Bilder

Die Grundbodenbearbeitung sollte unter möglichst optimalen Bedingungen erfolgen, um Bodenverdichtungen zu vermeiden. Rüben reagieren auf verdichtete Bodenstrukturen mit Beinigkeit, d. h. sie bilden keine Pfahlwurzel, sondern mehrere Wurzeln, die zur Seite austreiben, wie in Abb. 2 zu sehen ist.

Des Weiteren sollte bei der Bodenbearbeitung mit dem Pflug die Bildung von Strohmatten vermieden werden, da die Rübe auf diese ebenfalls mit Beinigkeit und Ertragseinbußen reagiert.

3.2.3 Saatbettbereitung

Eine optimale Saatbettbereitung bietet die Grundvoraussetzung für hohe Feldaufgänge und maximale Erträge. Das Saatbett sollte nach tiefer Bearbeitung im Herbst oder Frühjahr gut rückverfestigt werden, so dass eine gute Kapillarität gewährleistet ist. Der Saathorizont (oberste 2–3 cm) sollte feinkrümelig sein, um die Rübenpille gut einbetten zu können. Das Saatbett muss mit möglichst wenigen Arbeitsgängen geschaffen werden, da jede zusätzliche Überfahrt die Bodenstruktur negativ beeinflussen kann.

3.2.4 Saat

Der Erfolg der Aussaat ist sehr stark von der vorausgegangenen Saatbettbereitung abhängig. Der optimale Aussaatzeitpunkt, um maximale Zuckererträge zu erzielen, ist bis Mitte April. Bei einer späteren Aussaat kann die Rübe, aufgrund fehlender Blattfläche, die photosynthetische Strahlung nicht vollständig in Ertrag umsetzen. Einen Beitrag zur Jugendentwicklung leistet das

innovative Saatgutaufbereitungsverfahren „EPD – Early Plant Development“ von KWS. EPD steht für schneller Keimung, eine schnelle und gleichmäßigere Jugendentwicklung und eine hohe Bestandesqualität. Unter günstigen Boden- und Witterungsbedingungen sollte somit schon früh, je nach Region ab Mitte März, mit der Aussaat begonnen werden. Die Rübenpille sollte auf jeden Fall auf einer gut rückverfestigten, mit Kapillarwasser versorgten Schicht, in 2–3 cm Tiefe abgelegt werden (Abb. 3). Allerdings sollte man bei frühen Saatterminen in Gebieten mit Spätfrostgefahr Vorsicht walten lassen! Die Rüben sind besonders im Keimblatt-Stadium empfindlich gegenüber Frosteinwirkung.

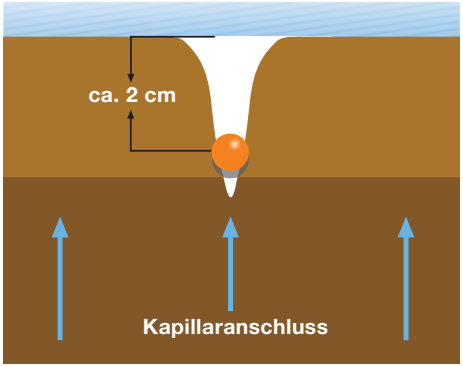


Abb. 3: Optimale Ablage der Rübenpille im Saatbett

Abb. 4: Zuckerrüben werden mit Einzelkornsämaschinen auf Endabstand gesät.

Die Rübenpillen sollten je nach angestrebter Bestandesdichte auf einen Endabstand von 18–22 cm gelegt werden. Der Reihenabstand beträgt dabei entweder 45 oder 50 cm. Um den maximalen Zuckerertrag zu erzielen wird eine Bestandesdichte von 80.000 bis 100.000 Pflanzen pro Hektar angestrebt (Tabelle 1), was eine Aussaatstärke von ca. 110.000 Pillen/ha bedeutet.

Pflanzenzahl/ha je nach Saatkornabstand, Reihenentfernung und Feldaufgang

Reihenentfernung Saatkornabstand	45 cm					50 cm				
	Ablagen in 1.000/ha	Pflanzen in 1.000/ha bei einem Feldaufgang von				Ablagen in 1.000/ha	Pflanzen in 1.000/ha bei einem Feldaufgang von			
in cm		50 %	60 %	70 %	80 %		50 %	60 %	70 %	80 %
18	124	62	74	87	99	111	56	67	78	89
19	117	59	70	82	94	105	53	63	74	84
20	111	56	67	78	89	100	50	60	70	80
21	106	53	64	74	85	95	48	57	67	76
22	101	51	61	71	81	91	46	55	64	73

Tabelle 1: orange unterlegte Zahlen = Bereich optimaler Bestandesdichte

Quelle: KWS Info

3.2.5 Düngung

Die Rübe hat einen hohen Bedarf an Haupt- und Spurennährstoffen. Aus diesem Grunde wird eine Grunddüngung auch häufig in dem Zuckerrübenanbaujahr durchgeführt. Der Grundnährstoffbedarf kann anhand der Versorgungsstufen nach Bodenprobenergebnissen ermittelt werden. Hierzu gibt es regional unterschiedliche Verfahren. Die Ertragserwartung und Veränderungen des Nährstoffgehaltes des Bodens sollten bei der Düngung berücksichtigt werden (Tabelle 2). Der beste Zeitpunkt für die Grunddüngung ist grundsätzlich im Herbst des Vorjahres. Auf Böden mit guter Nährstoffversorgung wird Kalium in einer Fruchtfolgedüngung zur Zuckerrübe verabreicht. Auf leichten Böden sollte die Grunddüngung mit Kalidüngern im Frühjahr durchgeführt werden, um Auswaschungen zu vermeiden. Bei der Kalidüngung im Frühjahr besteht die Gefahr, dass der Salzgehalt im Keimhorizont der Rübe so ansteigt, dass es zu Keimverzögerungen oder gar Totalausfällen kommt. Der Zeitpunkt der Phosphordüngung spielt eher eine untergeordnete Rolle, wird aber aus arbeitswirtschaftlichen Gründen häufig im Herbst vorgenommen.

Ertragsabhängiger Nährstoffbedarf der Zuckerrübe

Orientierte Nährstoffbedarsfwerte kg/ha für Zuckerrüben nach LUFA Rostock, Richtwerte zur Düngung 1998				
Ertragserwartung	Gesamtnährstoffbedarfswerte kg/ha			
	dt/ha	P_2O_6	K_2O	MgO
	400	70–80	300–320	60–70
	500	90–100	375–395	75–85
	600	110–120	450–470	90–100

Tabelle 2 Quelle: Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei M-V. 1998

Der Stickstoffbedarf lässt sich anhand der N-min-Methode ermitteln. Die Bodenprobe zur N-min-Bestimmung wird erst kurz vor der Saat in den Monaten Februar/März gezogen. Da der Stickstoff den größten Einfluss auf den Ertrag hat, sollte der Bedarf relativ nah zum Saattermin ermittelt werden.

Bedarfsermittlung nach N-min-Methode:

N-Bedarf (140–180 kg N/ha) – ermittelter Nmin-Gehalt = kg N/ha sind zu düngen.

Der Stickstoff kann sowohl vor der Saat als auch nach der Saat ausgebracht werden. 100 kg N/ha pro Gabe sollten möglichst nicht überschritten werden, da es bei einer hohen Stickstoffmenge zu Versalzungen im Keimhorizont kommen kann. Bei einer guten Stickstoffnachlieferung, aufgrund langjähriger organischer Düngung, kann die mineralische Düngung reduziert werden, denn die Rübe ist eine sehr stickstoffeffiziente Pflanze. Überschüssigen Stickstoff setzt die Zuckerrübe überwiegend zur Blattbildung ein. Die N-Effizienz ist auch ein wichtiger Punkt in der öffentlichen Diskussion um Ökobilanz und Zertifizierung.

3.2.6 Pflanzenschutz

Der integrierte Pflanzenschutz beginnt bereits mit der Sortenwahl und setzt sich bei der Aussaat fort. Dabei müssen möglichst gute Aufgangsbedingungen geschaffen werden, denn eine zügige Jugendentwicklung der Rübe nimmt bereits ersten Schädlingen und Krankheiten die Befallschancen. Der chemische Pflanzenschutz beginnt mit der Beizung der Rübenpille. Auf die Rübenpille lassen sich in einem Beizverfahren verschiedene Insektizide- und Fungizidwirkstoffe auftragen, die vor Auflaufschäden schützen. Die verschiedenen Beizausstattungen sind bei der Saatgutbestellung je nach Schädlingsvorkommen wählbar.

Zuckerrüben haben eine eher verhaltene Jugendentwicklung und einen verzögerten Reihenschluss. Niedrige Luft- oder Bodentemperaturen im Frühjar verstärken den Effekt. Besonders bedeutend ist die Konkurrenz der Unkräuter im 2–6-Blatt-Stadium der Zuckerrüben. Durch die geringe Konkurrenzkraft der Zuckerrübe in diesem Stadium kann es ohne unkrautregulierende Maßnahmen teilweise zu Totalausfällen kommen.

Aus diesem Grund sollte bereits bei der Sortenwahl darauf geachtet werden, dass die Sorte eine zügige Jugendentwicklung und einen schnellen Reihenschluss hat. Die Leistung der Sorte kann durch den EPD Effekt nochmals verstärkt werden.

Auf eine chemische Unkrautbekämpfung kann im konventionellen Rübenanbau nicht verzichtet werden. Die chemische Unkrautbekämpfung beginnt im Vor- bzw. Nachauflaufverfahren, je nach Unkrautspektrum. In der Regel werden dann drei Nachauflauf-

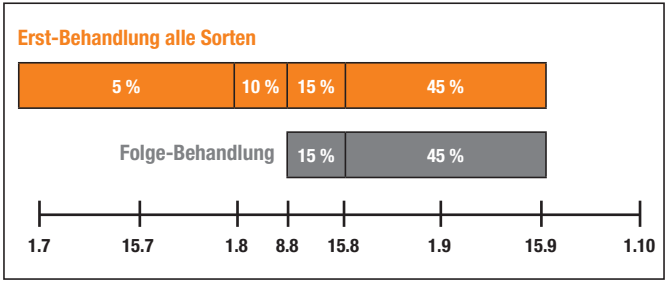
behandlungen durchgeführt, die im Abstand von 10–12 Tagen appliziert werden. Bei der Positionierung der Herbizidmaßnahmen muss flexibel, entsprechend der Auflaufwellen der Unkräuter, reagiert werden. Die Wirkstoffe müssen entsprechend des Unkrautvorkommens und der Bodenverhältnisse ausgewählt werden.

Auch auf Fungizidmaßnahmen kann im konventionellen Zuckerrübenanbau nicht verzichtet werden. Das Auftreten von Blattkrankheiten ist stark von der vorausgegangenen Witterung abhängig und kann bereits ab, Ende Juni beginnen. Die typischen Pilzkrankheiten Cercospora, Ramularia und Mehltau entwickeln sich unter feucht-warmen Bedingungen am besten. Zur Bestimmung der Behandlungsschwelle werden aus dem Rübenbestand diagonal 100 Blätter aus dem mittleren Blattapparat gerupft und auf Blattflecken bonitiert. Die Anzahl der befallenen Blätter zeigt den Befall in Prozent und somit die Behandlungsschwelle an. Die Behandlungsschwelle ist in Abb. 5 aufgezeigt.

Ein Monitoring wird auch von den jeweiligen Zuckerunternehmen in wöchentlichen Abständen gemacht und auf der jeweiligen Homepage (liz-online.de, bisz.suedzucker.de) veröffentlicht.
Für weitere Beratung stehen Ihnen die KWS Berater gerne zur Verfügung. Die Kontakte der Berater in Ihrer Region finden Sie in dieser Broschüre oder unter www.kws.de.

Ist eine Überwinterung der Zuckerrüben im Feld geplant, muss das Blattwerk möglichst gesund in den Winter gehen, um den Zuckerrüben einen guten Schutz vor Frosteinwirkungen bieten zu können.

Abb. 5: Behandlungsschwelle für Blattkrankheiten



Quelle: KWS eigene Darstellung

Cercospora-Befall

Quelle: KWS eigene Bilder

3.2.7 Produktionstechnische Anpassungen

Der Anbau der Biogasrübe unterscheidet sich produktionstechnisch in einigen Punkten vom Zuckerrübenanbau.

Der wichtigste Parameter beim Anbau der Biogasrübe ist der Trockenmasseertrag, der eng mit dem Zuckerertrag korreliert. Die innere Qualität, d. h. der Gehalt an K, Na und AminoN, spielt für die Biogasproduktion keine Rolle.

Abb. 6: Möglichkeiten der produktionstechnischen Anpassung

	Zucker	Biogas
Rübenertrag	•	•
Zuckergehalt	•	•
Qualität	•	
Trockenmasse		•
Rizomania-Toleranz	•	•
Nematoden-Toleranz	•	•
Cercospora-Kontrolle	•	•
Mehltau-Kontrolle	•	•
Feldaufgang	•	•
Jugendentwicklung	•	•
Erdanhang	•	•

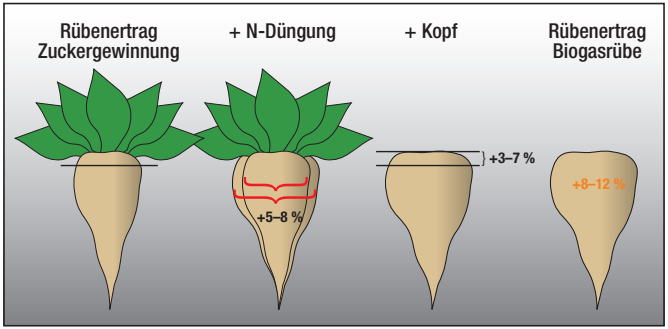
Quelle: KWS SAAT AG

3.3 Ernte

3.3.1 Köpfen und Blatternte

Im Ernteverfahren bestehen weitere Möglichkeiten den Trockenmasseertrag zu maximieren. Grundsätzlich kann die gesamte Pflanze inklusive Blatt zur Biogaserzeugung genutzt werden. Die Nutzung des Rübenblattes ist meist jedoch nur bei geringen Transportentfernungen und günstigen Silierverfahren sinnvoll. Weiterhin kann das Ernteverfahren in Form einer Entblattung optimiert werden. Dadurch lassen sich rund 10 % Mehrertrag erzielen.

Abb. 7: Ertragsteigerung durch produktionstechnische Anpassung



Quelle: KWS SAAT AG

Die Ernte lässt sich so nach wie vor mit einem normalen Rübenroder durchführen, in dem man einfach den Köpfer und Blattschläger etwas höher stellt. Es wurden aber auch neuere, kostengünstigere, absetzige Verfahren entwickelt, die für diese speziellen Einsatzbedingungen besonders geeignet sind. Bei diesem Verfahren wird im ersten Arbeitsgang mit einem Blattschläger erst das Blatt beseitigt und im nächsten Arbeitsgang gerodet und direkt auf einen Anhänger geladen.

Abb. 8: Selbstfahrender sechsreihiger Rübenroder Quelle: KWS eigenes Bild

3.3.2 Rübenwäsche

Ein viel diskutiertes Thema ist auch der Erdanhang der Zuckerrüben, der unter optimalen Bedingungen 3–7 % beträgt, aber unter ungünstigeren Bedingungen sehr schnell auf 15 % und mehr ansteigen kann.

Erdanhang muss aber kein Problem sein. Es ist zu differenzieren, welcher Boden überhaupt anhängt: Während sich die Sandfraktionen aufgrund der Korngröße schneller absetzen, bleiben Ton- und Schluffminerale durch die Rührtätigkeit in der Schwebe und haben die Eigenschaft an den organischen Substraten zu sorbieren. Dies bedeutet, dass die eingebrachte Erde an der organischen Masse bis ins Substratendlager der Anlage ausgetragen werden kann, was in Praxisversuchen der KWS auch bestätigt wurde. Ein möglichst geringer Erdanhang ist trotzdem eines der vielfältigen Ziele der Zuckerrübenzüchtung.

Neben züchterischen Maßnahmen gibt es auch technisch praktikable Ansätze diesem Problem zu entgehen. Eine Standardmaßnahme ist eine mechanische Abreinigung der Zuckerrüben während der Verladung am Feldrand.

Abb. 9: Reinigung und Verladung der Rüben mit der Maus Quelle: www.landpixel.de

Eine weitere Möglichkeit ist die Rübenreinigung mit speziell konzipierten Wasch- und Entsteinungsanlagen.

Das Waschverfahren wurde bereits 2007 getestet und zur Ernte 2008 technisch verfeinert. Eine solche Waschanlage ist wie folgt aufgebaut:

1. Aufnahme durch ein Förderband
2. Entsteiner – in dem die Rüben aufschwimmen und die schwereren Steine nach unten absinken
3. Waschtrommel – in der die Rüben durch Reibung im Wasser gereinigt werden
4. Austrag aus der Waschtrommel

Mit dieser Maschine lässt sich eine Durchsatzleistung von bis zu 60 t/h erzielen.

Eine weitere technische Möglichkeit eventuell sedimentierte Erde aus dem Fermenter beseitigen zu können besteht darin, bei der Planung der Anlage einen Schmutzaustrag im Fermenter vorzusehen. Mit dem Schmutzaustrag kann der Fermenter in regelmäßigen Abständen gereinigt werden.

3.3.3 Silierung/Ganzjahresversorgung

Die Reinigung der Rüben ist eine wichtige Vorarbeit zur sicheren Lagerung und Silierung, um die Biogasanlagen ganzjährig mit Rüben versorgen zu können. Die Rüben können, je nach Witterung und Zustand der Rüben, bis zu zwei Monate nach der Ernte in einer Miete gelagert werden. Über einen längeren Zeitraum lassen sich die Rüben nur in Form einer Silage sicher lagern.
Als praxisreife Verfahren der Konservierung haben sich zum einen die Schlauchsilierung unzerkleinerter Rüben und zum anderen Mischsilagen, gemeinsam mit Mais erwiesen. Beim Ansetzen einer Mischsilage, die zum Erntetermin des Maises (Mitte September) eingefahren wird, muss man bei der Rübe ertraglich jedoch einen Kompromiss eingehen, da das volle Ertragspotenzial der Rübe durch eine frühe Rodung nicht genutzt werden kann.

Die Überwinterung von Zuckerrüben im Feld ist eine gute Alternative zur Mietenlagerung bzw. Silierung. Bei der Standortauswahl ist darauf zu achten, dass nur die besten und gleichmäßigsten Bestände überwintern sollten, da sich ein guter Rübenbestand mit gesundem Blattwerk bis zu einem gewissen Grad selbst mit dem Blattwerk vor Frost schützen kann. Lückige Bestände und Rüben mit hoher Scheitelhöhe bieten eine große Angriffsfläche für Frost. Erste Erfahrungen zur Überwinterung wurden seitens KWS im Anbaujahr 2007 gesammelt. Die Rüben haben die ersten Frostperioden gut überstanden, reagierten jedoch teilweise auf die späteren Wechselfröste im Februar mit einsetzender Fäulnis, so dass sie bei guter Witterung Ende Februar geerntet wurden. Andere Standorte in Norddeutschland reagierten kaum auf Frost und konnten bis zum Einsetzen der Schossphase im Mai im Feld verbleiben. Die Frosthärte von Zuckerrübensorten wird bei KWS weiterhin intensiv unter verschiedenen Bedingungen und Standorteinflüssen geprüft.

3.3.4 Substrateigenschaften

Die Rübe eignet sich aufgrund ihrer Zusammensetzung hervorragend als Biogassubstrat und liefert im Vergleich zu anderen nachwachsenden Rohstoffen einen sehr hohen Methanertrag pro kg organische Trockensubstanz.

Tabelle 3: Methan ha Erträge der Zuckerrübe als Biogassubstrat

Substrat	Ertrag t/ha	cbm Methan/t oTS	cbm Methan/ha	KWh/ha brutto	KWh/ha netto
Zuckerrüben	70	442	**6.757**	65.539	23.594
Rübenblatt	42	324	**1.306**	12.672	4.562
Rübe + Blatt	112	417	**8.063**	78.210	28.156

Die Trockensubstanz der Zuckerrübe besteht zu etwa 94 % aus direkt fermentierbaren Kohlenhydraten. Auch die restliche pflanzliche Substanz, das sogenannte Mark, ist hervorragend fermentierbar. Die Rübe enthält keine holzartigen Substanzen, die sogenannten Lignine, die in der Biogasanlage nicht umsetzbar sind. Damit ist das organische Material der Rübe zu nahezu 100 % umsetzbar.

Mit der Zuckerrübe wurden in der Praxis sehr viele gute Erfahrungen gesammelt. Neben der schnellen Umsetzung der Rübe im Fermenter kann der Biogasprozess durch geringere Schwankungen der FOS/TAC-Werte stabilisiert werden. Ein zusätzlicher Effekt besteht in der Steigerung des Methangehaltes im Biogas um ca. 2 Prozentpunkte mit dem Einsatz von Zuckerrüben bei einem Mischanteil von 20–30 % in der Ration.

3.4 Sortenwahl

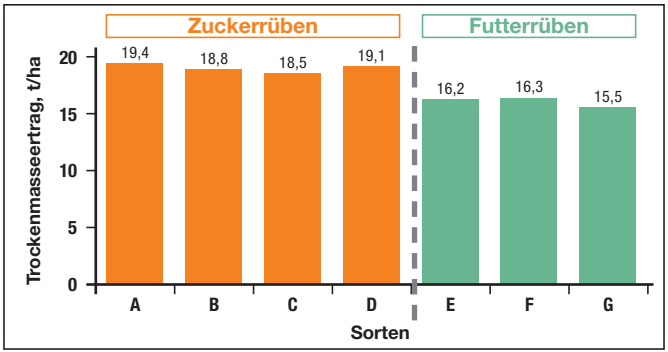
3.4.1 Zuckerrübe versus Futterrübe

Die beste Biogasrübe ist aufgrund der höheren Trockenmasserträge die Zuckerrübe. Sie ist der Futterrübe aufgrund des TS-Gehaltes und der Ertragssicherheit überlegen. Dies wurde auch in einer Versuchsreihe beim Institut für Zuckerrübenforschung bestätigt.

Überwinterung der Zuckerrübe:

Ein weiterer wichtiger Vorteil der Zuckerrübe ist das Überwinterungsverhalten. Die Futterrübe weist eine sehr geringe Winterhärte auf. Sie zeigt bereits bei geringen Frösten Verbräunungen und bei stärkeren Frösten kommt es schnell zu größeren Schäden.

Abb. 10: Trockenmasseertrag von Zuckerrüben und Futterrüben im Vergleich



Quelle: LADEWIG und MÄRLÄNDER, Zuckerrübe 4/2006 (55. Jg.), Seite 232–233, IFZ-Göttingen

3.4.2 Die ideale Zuckerrübensorte für Biogas

Die KWS Zuckerrübensorten sind hervorragend zur Fermentation geeignet. Moderne Zuckerrübensorten erzielen höchste Trockenmasseerträge.

Wir empfehlen Ihnen für den Anbau von Biogasrüben unsere ertragsbetonten Sorten.
Bei der Sortenwahl muss unbedingt auf das regionale Auftreten von Fruchtfolgekrankheiten, wie beispielsweise Rizomania, Rhizoctonia und Nematoden geachtet werden. Auf Standorten mit engen Rübenfruchtfolgen, auf denen alle 3–4 Jahre Rüben angebaut werden, sollte zur Ertragsabsicherung grundsätzlich eine nematoden-tolerante Sorte angebaut werden.
Rhizoctonia tritt regional sehr begrenzt, meist auf Standorten mit engen Mais-Rübenfruchtfolgen, auf.

4. Sonnenblume

Der wachsende Energiepflanzenanbau erfordert ein verstärktes Nachdenken über Energiepflanzen-Fruchtfolgen und „Alternativkulturen“. Die Sonnenblume vereint bestimmte Eigenschaften, welche sie als Substrat für die Biogasanlage interessant werden lassen. Dabei steht nicht die Nutzung der Körner im Vordergrund, sondern die der Gesamtpflanze.
In vielen Gebieten ist die Sonnenblume eine völlig neue Kultur. Auch das Ziel der Nutzung der Gesamtpflanze wurde bislang in Deutschland nicht verfolgt.
Seit 2004 hat die KWS verschiedene Projekte initiiert, um züchterisch und anbautechnisch die Sonnenblume auf ihre Eignung als Energiepflanze zu testen. Die Ergebnisse dieser Arbeiten werden im Folgenden dargestellt:

4.1 Eigenschaften

Die Stärken der Sonnenblume zur Energienutzung:

1. Rasche Jugendentwicklung
2. Gute Trockentoleranz
3. Hohes Biomassepotenzial
4. Anspruchslose Kulturpflanze
5. Ölgehalt der Körner

Infolge dieser Eigenschaften eignet sich die Sonnenblume für die Grenzlagen des Maisanbaus, für Höhenlagen, Frühsaaten, kontinentale, wasserarme Standorte und wasserzehrende Fruchtfolgen.

4.2 Anbautechnik

Die Anbautechnik kann weitestgehend von der Körnernutzung übernommen werden. Die Düngung und auch der Erntezeitpunkt sind jedoch der Energienutzung anzupassen.

Vorfrucht:

Sehr gut geeignet sind sämtliche Getreidearten, Mais und andere Hackfrüchte. Raps, Soja und Gemüse eignen sich aufgrund der Fruchtfolgekrankheiten (Sklerotinia, Verticillium) nicht als Vorfrucht zu Sonnenblumen. Zudem ist die Sonneblume nicht selbstverträglich. Anbaupausen von 3–4 Jahren sind unbedingt einzuhalten.

Standorte:

Je besser die Wachstumsbedingungen sind, desto höher sind die zu erwartenden Erträge und desto später werden das Ertragsmaximum und die Siloreife erreicht.
Zu vermeiden sind Böden mit Verdichtungen, schlechter Bodenstruktur und Staunässe.

Mischanbau oder Reinkultur?

Im Mischanbau mit Mais kann das Ertragspotenzial des Mischpartners nicht optimal ausgeschöpft werden, da sich die Kulturansprüche (Kältetoleranz, Vegetationszeit) und die Produktionstechnik zu deutlich von einander unterscheiden.

Die Sonnenblume stellt an die Produktionstechnik andere Ansprüche als der Mais. Deshalb sind diese beiden Kulturen separat auf verschieden Flächen zu säen.

Wesentliche Unterschiede zwischen Sonnenblume und Mais:

Jugendentwicklung:
Die Sonnenblume zeigt eine sehr zügige Jugendentwicklung, auch unter kühler Frühjahrswitterung. Eine deutlich frühere Aussaat als bei Mais ist somit möglich. Bei gemeinsamer Aussaat droht ein „Überwachsen“ des Mais durch die Sonnenblume.

Düngung:
Während Mais hohe Düngergaben benötigt um das Ertragspotenzial auszuschöpfen und Wirtschaftsdünger sehr effizient eingesetzt werden kann, ist der Bedarf der Sonnenblumen wesentlich geringer. Bei überzogener Düngung steigen die Lagergefahr und der Krankheitsdruck drastisch an. Zudem ist von einer Reihendüngung abzuraten.

Pflanzenschutz:
Bei Sonnenblumen sind nur Herbizide für das Vor-Saat-Einearbeitung- und das Vorauflauf-Verfahren vorhanden.

Ernte:
Sonnenblumen und Mais erreichen in den seltensten Fällen gleichzeitig den optimalen Erntezeitpunkt. Der sortenspezifische Einfluss und auch die jahresspezifischen Einflüsse sorgen für ein unterschiedliches Abreifen des Mais und der Sonnenblumen. Zum Zeitpunkt der Maisernte sind die Sonnenblumen bereits deutlich abgereift, das abgestorbene Material weist eine geringe Gasausbeute auf.

Abb. 11: Ernte von Sonnenblumen

Aussaat und Bestandesführung:

Aussaat:

Saatzeit:	Anfang April (Hauptfrucht) bis Mitte Juni (Zweitfrucht)
Bestandesdichte:	8 Pflanzen/m²
Reihenabstand:	Einzelkornsaat, 45–60 cm (75 cm sind aufgrund des späten Reihenschlusses mit der Folge einer Verunkrautung nicht optimal)

Düngung:

Grunddüngung:	80–100 kg/ha P_2O_5 120–160 kg/ha K_2O 40–80 kg/ha MgO Die Salzempfindlichkeit erfordert eine Ausbringung der Grunddünger bereits im Herbst.
N-Düngung:	60–80 kg N/ha (**Achtung:** Mit steigender Düngung steigt die Lagergefahr)
S-Düngung:	40–50 kg S/ha
Mikronährstoffe:	250–500 g B/ha (bei Blattdüngung)

Aussaat und Bestandesführung:

Pflanzenschutz:

Herbizide: **Es sind nur Herbizide für die Vor-Saat-Einarbeitung und für den Vorauflauf zugelassen**

Herbizide für den Einsatz in Sonnenblumen
(ohne Glyphosate und Glufosinate)

Handelsbezeichnung	Zul.-Nr.	Wirkstoff	Wirkungsbereich
AGIL-S	4107-00	Propaquizafop	Herbizid
Bandur	4145-00	Aclonifen	Herbizid
Boxer	3838-00	Prosulfocarb	Herbizid
Fusilade MAX	4847-00	Fluazifop-P	Herbizid
IPIFLUOR	2795-61	Trifluralin	Herbizid
Racer CS	3976-00	Flurochloridon	Herbizid
Stomp SC	3907-00	Pendimethalin	Herbizid
TREFLAN	2795-00	Trifluralin	Herbizid

Quelle: Verzeichnis zugelassener Pflanzenschutzmittel; Auszug vom 28.03.2006

Insektizide:	bei Blattlausbefall
Molluskizide:	bei **Gefahr von Schneckenfraß**
Vögel:	Gefahr von Fraßschäden nach der Ernte und vor der Aussaat

4.3 Ernte

Technik:
Die Ernte der Sonnenblume erfolgt mit dem Feldhäcksler. Reihenunabhängige Vorsätze bieten sich an.

Zeitpunkt:
Gelb verfärbte Korbrückseite, geneigte Köpfe (Ziel: 25 % TS)
Aufschluss der Körner durch Corncracker

Konservierung:
Aufgrund des niedrigen TS-Gehaltes und der öligen Eigenschaften der Silage ist die Sonnenblume nicht ohne Schwierigkeiten zu silieren. In der Praxis werden Mischsilagen mit Mais, Schlauchsilagen und separate Silagen in Fahrsilos angelegt. Der Vorteil der Mischsilagen ist die einfache und sichere Silierung. Jedoch kann dann nicht mehr auf die dem Fermenter zugeführte Menge Einfluss genommen werden. Werden die Sonnenblumen einzeln gelagert, kann gezielt Substrat entnommen und der Biogasanlage zugeführt werden. Vor allem bei der Lagerung in Fahrsilos kann aber die Verdichtung aufgrund des Ölgehaltes Probleme bereiten.

4.4 Sortenwahl

Für die Sortenwahl sind der Aussaatzeitpunkt und die zur Verfügung stehende Vegetationszeit die entscheidenden Kriterien.

Klassische Körnersonnenblumen (z. B. Heliaroc) sind im Hauptfruchtanbau nur begrenzt für die Biomassenutzung geeignet. Der Ernteindex und das Abreifeverhalten dieser Sortentypen sind auf die Körnernutzung abgestimmt. Die maximale Ertragserwartung liegt bei 100–120 dt/ha Trockenmasse. Soll allerdings die Sonnenblume als Zweitfrucht gesät werden (Aussaat nach Mitte Mai), muss auf diese Sortentypen zurückgegriffen werden, um vernünftige TS-Gehalte zu erreichen.

Speziell gezüchtete Energiesorten (z. B. Methasol) weisen im Hauptfruchtanbau ein deutliches Ertragsplus auf. Diese speziell auf Masse gezüchteten Sonnenblumen erreichen ein deutlich höheres Ertragspotenzial als herkömmliche Körnersonnenblumen, benötigen allerdings auch eine deutlich längere Vegetationszeit um den silierfähigen Zustand zu erreichen. Die Aussaatzeit sollte nicht später als Mitte Mai sein. Erträge von bis zu 140 dt/ha Trockenmasse sind dann erreichbar.

5. Sorghum (Hirse)

5.1 Eigenschaften

Zur Erzeugung von Biogas aus nachwachsenden Rohstoffen steht neben den altbekannten, ertragsstarken und ertragsstabilen Kulturen eine bislang in Deutschland nicht genutzte Kultur im Blickpunkt des Interesses – Sorghum. Sorghum vereint Eigenschaften, welche diese Kultur äußerst interessant für den Energiepflanzenanbau erscheinen lassen:

- sehr hohes Biomassepotenzial
- geringer Wasserbedarf
- hohe Trockentoleranz und Hitzetoleranz
- gutes Nährstoffaneignungsvermögen

Der sehr geringe Wasserbedarf und die hohe Nettoassimilationsrate sind die herausragenden Eigenschaften der Kulturart Sorghum.

Vor allem auf trockenen Böden, auf denen der Maisanbau an seine Grenzen stößt, und für den Zweitfruchtanbau z. B. nach Getreide-GPS scheint Sorghum besonders interessant.

Übersicht Wasserbedarf verschiedener Kulturen

Transpirationskoeffizient (l Wasser/kg TM)	Kulturart
200–300	Hirse (Sorghum)
300–400	Mais, Beta-Rübe
400–500	Gerste, Roggen, Durum Weizen
500–600	Kartoffeln, Sonnenblumen, Weichweizen
600–700	Raps, Erbse, Ackerbohne, Hafer

Quelle: BoKu Wien

5.2 Sorghum-Arten

Weltweit unterscheidet man zwischen Grain Sorghum (kornbetonte Typen) und Forage Sorghum (futterbetonte Typen). Sorghum hat eine breite genetische Varianz und damit eine gute Ausgangsbasis für die Pflanzenzüchtung.
Da es bei Sorghum große qualitative Unterschiede gibt für die Eignung zur Verarbeitung in Biogasanlagen, müssen die „Ideotypen“ noch genauer definiert werden.

Die besten Voraussetzungen für sehr hohe Ertragspotenziale bei gleichzeitig guter Verarbeitungsqualität haben nach bisherigen Erkenntnissen folgende drei Sorghum-Arten:

- **Sorghum bicolor**
  Schwach bestockende Art mit unterschiedlichen Typen für verschiedene Nutzungsrichtungen
  Zucker-Typen mit hohen Zuckergehalten im Stängel
  Futter-Typen für Silagenutzung, teilweise auch mit reduziertem Ligningehalt (BMR)
  Körner-Typen mit kompakter Rispe, kurz und sehr standfest

- **Sorghum sudanense**
  Stärker bestockende Art mit Futter-Typen für Silagenutzung

- **Sorghum bicolor x Sorghum sudanense**
  Kreuzungen der beiden Arten S. bicolor und S. sudanense
  Mittel bis stärker bestockend mit unterschiedlichen Typen für Silagenutzung

Bilder: Unterschiedliche Bestockung bei Sorghum sudanense-Kreuzungen im Vergleich zu reinen Sorghum bicolor-Kreuzungen

Bilder: Verschiedene Rispentypen innerhalb des Energiesorghum-Zuchtprogrammes

5.3 Zuchtziele

An die vergleichsweise kühle Witterung in Mitteleuropa muss Sorghum züchterisch adaptiert werden. KWS selektiert in einem eigenen Zuchtprogramm spezielle Sorghum-Typen, die an die Anforderungen der Biogasbranche und an die Herausforderungen des mitteleuropäischen Klimas angepasst sind.

Die hohe Streubreite vorhandener Genotypen ist eine gute Ausgangsbasis für die Züchtung von Energiesorghum

Für die Eignung als Energiepflanze steht neben dem Zuchtziel „Maximierung der Trockenmasse je Hektar“ unbedingt auch die „Steigerung der Gasausbeute je kg Trockenmasse“ im Mittelpunkt.

Ideale Typen bringen ein Maximum an Gasertrag je Hektar, in Kombination mit einer hohen Ertragsstabilität.

Zuchtziele für Energiesorghum in Deutschland zur Biogasproduktion

- **hohe Biomasseerträge (auch auf leichten Standorten)**
- **Erhöhung der Kühletoleranz**
  - **schnelle und homogene Keimungsrate**
  - **schnelle Jugendentwicklung**
- **hoher Gehalt an vergärbarer Substanz (Bestimmung wertgebender Inhaltsstoffe)**
- **Trockensubstanzgehalte bei ca. 28 % der FM**
- **Standfestigkeit und Krankheitstoleranz**

5.4 Sortenentwicklung

Erste vielversprechende Hybriden befinden sich in der Erprobungs-phase. Im Jahre 2008 wird neben den fortschreitenden Züchtungsaktivitäten das KWS Sortenportfolio deutschlandweit in zahlreichen Kleinparzellen-Versuchen und Praxis-Probeanbauten auf Herz und Nieren getestet. Auf Grundlage einer mehrjährigen Datenbasis werden für die Aussaat 2009 bzw. 2010 gezielt Sorghumsorten ausgewählt, welche in den Eigenschaften Gasertrag und Ertragsstabilität überzeugen.
Unsere Fachberater helfen Ihnen bei Sortenfragen und Fragen zum Anbau gerne weiter.

In mehrjährigen Versuchen an unterschiedlichen Standorten Deutschlands werden unsere Zuchtlinien auf ihre ackerbaulichen Eigenschaften geprüft.

5.5 Anbauhinweise für Biomasse-Sorghum (Sorghum Bicolor)

Ansprüche an Boden und Klima	Als wärmeliebende Kulturart sind die Erfordernisse an die Bodentemperatur zur Aussaat mit 12–14 °C und während der Jugendentwicklung zurzeit noch deutlich höher im Vergleich zum Mais. Sorghum ist mit sich selbst verträglich und ist nach bisherigen Erkenntnissen keine Wirtspflanze für den Maiswurzelbohrer. Das feine und dichte Wurzelsystem hinterlässt eine sehr gut zu bearbeitende Bodenstruktur.
Standorteignung	– warme, gut strukturierte Böden – Trockenstandorte auf denen der Maisanbau an seine Grenzen stößt
Aussaat	
Saatbettbereitung	krümeliges, gut stukturiertes, rückverfestigtes Saatbett
Saatzeit	Mitte Mai–Mitte Juni (ab 12–14 °C Bodentemperatur)
Ablagetiefe	2–4 cm, Anschluss an feuchten Bodenhorizont beachten
Saatstärke	20–25 Körner/m^2
Reihenweite	35–75 cm
Pflanzenschutz	Bisher haben in Deutschland mit – Gardo Gold (4,0 l/ha) – Mais-Banvel WG (0,5 l/ha) – Certrol B (1,5 l/ha) drei Herbizide eine allgemeine Genehmigung nach §18a Pflanzenschutzgesetz.
ab 3-Blatt-Stadium	Diese Präparate können ab dem 3-Blatt-Stadium von Sorghum eingesetzt werden.
Düngung	
Nährstoffbedarf (kg/ha)	ca. 140–200 kg/ha N; ca. 80–100 kg/ha P_2O_5; ca. 200–250 kg/ha K_2O
Düngerform	mineralische Dünger **oder** organische Dünger (hohe Verwertung wie Mais)
Ernte	Die Ernte kann mit dem Feldhäcksler erfolgen. Im Hauptfruchtanbau ist ein TS-Gehalt von ca. 25–30 % (Milch- bis Teigreife der Körner) für optimale Silagequalität anzustreben. Im Zweitfruchtanbau ist – je nach Vegetation – mit TS-Gehalten von ca. 20 % zu rechnen. Die Siliereigenschaften sind vergleichbar mit Maissilage.

Mit der richtigen Wahl der Kulturart, der Sorten und der Fruchtfolge wird der Grundstein für einen erfolgreichen Betrieb der Biogasanlage gelegt. Um die getane Arbeit auf dem Feld erfolgreich in qualitativ hochwertige Silagen zu überführen, muss im nächsten Schritt die Ernte und Konservierung optimiert werden.

Folgenden Grundsatz gilt es für die Substraternte und -lagerung zu berücksichtigen:

Ernte und Silagebereitung für die Nutzung in der Biogasanlage muss mit **derselben Sorgfalt** erfolgen wie für den Einsatz in der Fütterung von Hochleistungskühen oder Mastrindern.

Top-Silagen bedeuten eine ideale Voraussetzung für hohe Biogaserträge und eine hohe Stabilität der biochemischen Umsetzungsprozesse in der Biogasanlage.

1. Anforderungen an den Ernteprozess:

- Wahl des Schnittzeitpunktes
- Vermeiden von Verschmutzungen
- Zerkleinerung des Substrates

Wahl des Schnittzeitpunktes:
Der optimale Zeitpunkt vereint höchste Hektarerträge, hohe Qualitäten, gute Silierfähigkeit, geringe Substanzverluste und hohe Abbaubarkeit im Fermenter.

Folgen eines verspäteten oder verfrühten Erntetermins:

Folgen einer zu späten Ernte:
- Rückgang des Ertrags
- Zunahme des Trockensubstanzgehaltes
- Zunahme des Rohfasergehaltes
- Abnahme der Energiekonzentration
- Abnahme der Verdaulichkeit
- Zunehmende Gefahr des Schimmelpilzbefalls über 38 % TS-Gehalt
- Schlechtere Verdichtbarkeit
- Erhöhtes Risiko von Fehlgärungen
- Erhöhte Gefahr von Schwimmschichtbildungen
- Höhere Belastung der Pump- und Rührtechnik

Folgen eines zu frühen Erntetermins:

- Ertragspotenzial wird nicht ausgeschöpft
- Gefahr der Bildung von Sickersaft (Nährstoffverluste)
- Bildung von Ammoniak
- Zu geringe TS-Gehalte
  - Plus an Wasser puffert die Wirkung der Milchsäure
  - Größere Mengen an Milchsäure erforderlich
  - Zucker wird zum begrenzenden Faktor
- Langsame ph-Wert Absenkung
  - Gärschädlinge werden nicht schnell genug abgetötet
  - Der Verbrauch von Zucker steigt
  - Bildung von Essigsäure und Buttersäure
  - Zum Teil Umwandlung der gebildeten Milchsäure in Buttersäure

Vermeidung der Futterverschmutzung

Verschmutzungen bedeuten das Einbringen von Gärschädlingen und das Einbringen von Störsubstanzen (z. B. Sand), die zu Störungen in der Biogasanlage führen können. Während Gärschädlinge zu Fehlgärungen der Silagen und zu Substratverlusten führen, verursachen Sand oder ähnliche Verschmutzungen die Bildung von Sinkschichten und bedeuten einen erhöhten Verschleiß an Pump- und Rührtechnik.

Zerkleinerung des Siliergutes

Bei der Ernte muss darauf geachtet werden, dass alle Körner angeschlagen werden. Die Häckslereinstellung muss an die Kultur und an den TS-Gehalt der Gesamtpflanze angepasst werden.

Empfohlene Häcksellängen in Abhängigkeit vom TS-Gehalt		
Substrat	**TS-Gehalt (%)**	**Theoretische Häcksellänge**
Silomais	28–35	< 8 mm
Winterroggen-GPS	35–40	< 8 mm
Grünschnittroggen	20–25*	20 mm
Sonnenblume	ca. 25	6–8 mm

* Mit zunehmender Feuchte des Erntegutes sind die Häcksellängen zu erhöhen, um den Austritt von Sickersaft zu minimieren. Bei Grünschnittroggen werden aufgrund der frühen Ernte in der Regel keine höheren TS-Gehalte erreicht. Deshalb sind höhere Häcksellängen zu wählen. Bei Grünschnittroggen bietet sich zudem eine Anwelksilage an, um die TS-Gehalte zu erhöhen.

Kurze Häcksellängen vereinen Vorteile bei Transport und Lagerung sowie beim Einsatz in der Anlage:

- Geringerer Transportaufwand
- Leichtere, bessere Verdichtbarkeit
- Verbesserung des Gärverlaufes
- Beschleunigter Austritt des Zellsaftes und somit rasche Milchsäuregärung
- Vermeiden von Erwärmung und Fehlgärungen => längere aerobe Stabilität
- geringere Aktivität von Hefen => geringerer Eiweißabbau
- Höhere Säuregehalte durch höhere Aktivität der Milchsäurebakterien
- Größere Oberfläche bedeutet einen rascheren Abbau im Biogasprozess

2. Anforderungen an die Einlagerung

Das Ziel einer jeden Silagebereitung muss es sein, das Erntegut in optimaler Qualität zu konservieren und die Substanzverluste möglichst gering zu halten. Eine stabile Silage wird nur dann erreicht, wenn **der Sauerstoff rasch veratmet, ein erneuter Zutritt von Luft vermieden und das gebildete Kohlendioxid im Futterstock gehalten wird.**

Befüllung des Silos:

- Zügiges Befüllen des Silos
- Sorgfältiges verteilen
- Richtiges Verdichten (Schichtdicke unter 30 cm)
- Hoher Verdichtungsgrad
- Hoher Reifenluftdruck
- Rascher und luftdichter Abschluss des Silos
- Schutz der Abdeckung vor Beschädigungen durch Vögel und Wild

Verdichtung muss oberste Priorität haben, um anaerobe Verhältnisse für die Milchsäurebakterien zu schaffen. Der Walzschlepper bestimmt die Geschwindigkeit der Silobefüllung, nicht der Häcksler!

Optimale Siloabdeckung:

- Unterziehfolie
- Polyethylen-Qualitätsfolie
- Gewebefolien, Schutzgitter
- Beschwerung
- Umzäunung

3. Entnahme

Das Öffnen des Silos zur Entnahme der Silage bedeutet im selben Atemzug das Aufstoßen der Tür für einen erneuten Zutritt von Luftsauerstoff. Der Kontakt der Anschnittfläche mit Sauerstoff ist unumgänglich. Die Tiefe des Luftzutrittes und die damit einhergehende Aktivierung der Abbauprozesse werden jedoch stark durch die Güte der Verdichtung und die Entnahmetechnik beeinflusst.

Ziel: Vermeiden von Luftzufuhr

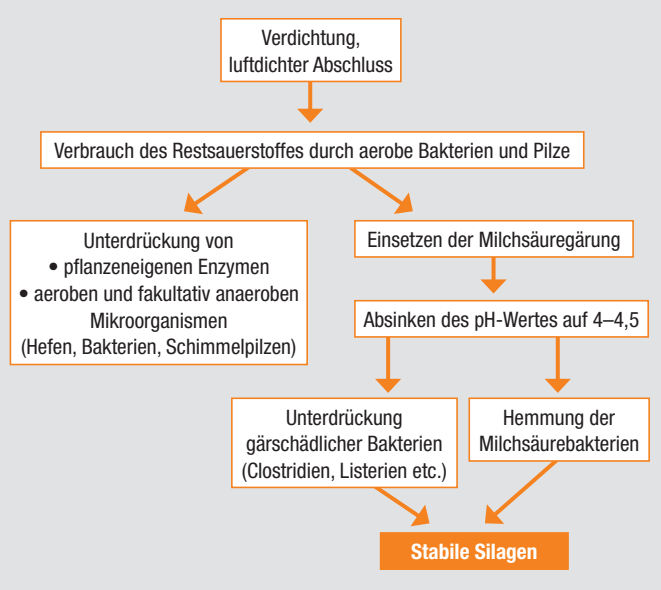
Luftzufuhr bedeutet:
- Nacherwärmung
- Vermehrung der Hefen
- Verbrauch von Zucker und Milchsäurebakterien
- Trockenmasseverluste

Vermeidung des Luftzutritts:
- Glatter Siloanschnitt
- Siloabdeckung nicht zu weit zurückschlagen
- Ausreichender Vorschub
  (Winter 1,5 m/Woche, Sommer > 2 m/Woche)

All diese Maßnahmen zielen darauf ab optimale Bedingungen für die Milchsäurebildung zu schaffen und die Gärschädlinge zu unterdrücken. Gärschädlinge verbrauchen zum einen Kohlenhydrate, die den Bakterien im Fermenter zur Umsetzung von Biogas fehlen, zum anderen können auch Toxine produziert werden, welche negative Auswirkungen auf die Biogasausbeute haben können.

Durch eine unzureichende Silagebereitung kommt es zudem zu einer Erwärmung im Futterstapel durch die Abbauvorgänge der Hefepilze.

Schematische Darstellung des optimalen Silageprozesses



4. Berechnung der Trockenmasseerträge

Um einen Vergleich zwischen den Silageerträgen verschiedener Sorten oder Kulturen ziehen zu können ist eine Umrechnung der Frischmasse in Trockenmasse erforderlich. Im Falle eines Zulieferers von Substarten für den Betreiber einer Biogasanlage dient der Trockenmasseertrag häufig als Berechnungsfaktor für die Vergütung der angelieferten Mengen.

Die Frischmasse kann einfach durch das Wiegen der Transportfahrzeuge bei der Ernte ermittelt werden.

Zur Berechnung der Trockenmasse ist zusätzlich der Faktor Trockensubstanz in Prozent erforderlich. Diese wird in der Regel durch Trocknung einer Probe im Trockenschrank ermittelt. Neueste Erntetechnik ermöglicht bereits während des Häckselns eine Bestimmung des TS-Gehaltes über Sensoren.

Die Trockenmasse kann durch folgende Formel berechnet werden:

Trockenmasse (dt/ha) = Frischmasse (dt/ha)/TS-Gehalt (%) x 100

Folgende Tabelle gibt beispielhaft die Trockenmasseerträge in Abhängigkeit von Frischmasse und TS-Gehalt wider.

Umrechnungstabelle: Frischmasse zu Trockenmasse in Abhängigkeit vom TS-Gehalt der Gesamtpflanze

Frischmasse	Trockenmasseertrag (dt/ha) bei TS Gehalt in %								
dt/ha	27	28	29	30	31	32	33	34	35
400	108	112	116	120	124	128	132	136	140
410	111	115	119	123	127	131	135	139	144
420	113	118	122	126	130	134	139	143	147
430	116	120	125	129	133	138	142	146	151
440	119	123	128	132	136	141	145	150	154
450	122	126	131	135	140	144	149	153	158
460	124	129	133	138	143	147	152	156	161
470	127	132	136	141	146	150	155	160	165
480	130	134	139	144	149	154	158	163	168
490	132	137	142	147	152	157	162	167	172
500	135	140	145	150	155	160	165	170	175
510	138	143	148	153	158	163	168	173	179
520	140	146	151	156	161	166	172	177	182
530	143	148	154	159	164	170	175	180	186
540	146	151	157	162	167	173	178	184	189
550	149	154	160	165	171	176	182	187	193
560	151	157	162	168	174	179	185	190	196
570	154	160	165	171	177	182	188	194	200
580	157	162	168	174	180	186	191	197	203
590	159	165	171	177	183	189	195	201	207
600	162	168	174	180	186	192	198	204	210
610	165	171	177	183	189	195	201	207	214
620	167	174	180	186	192	198	205	211	217
630	170	176	183	189	195	202	208	214	221
640	173	179	186	192	198	205	211	218	224
650	176	182	189	195	202	208	215	221	228
660	178	185	191	198	205	211	218	224	231
670	181	188	194	201	208	214	221	228	235
680	184	190	197	204	211	218	224	231	238
690	186	193	200	207	214	221	228	235	242
700	189	196	203	210	217	224	231	238	245
710	192	199	206	213	220	227	234	241	249
720	194	202	209	216	223	230	238	245	252
730	197	204	212	219	226	234	241	248	256
740	200	207	215	222	229	237	244	252	259
750	203	210	218	225	233	240	248	255	263
		optimaler Bereich für die Verwertung in der Biogasanlage							

Nach der Vergärung der verschiedenen Substrate im Fermenter bleiben Gärreste – auch Biogasgülle genannt – als wertvoller Wirtschaftsdünger zurück. Der hohe Düngerwert der Gülle aus der Tierproduktion spiegelt sich auch in den Gärresten wider.
Durch den Einsatz von Gärresten können teure mineralische Dünger ersetzt werden. Daher wird das Bewusstsein um die wertvollen Nährstoffe in den Gärresten zunehmends geschärft. Der hohe Wert der Gärreste sowie der Gülle aus der Tierproduktion haben zu aufwändigen technischen Lösungen für die verlustmindernde Ausbringung der flüssigen Wirtschaftsdünger geführt. Eine bedarfsgerechte und verlustarme Düngung der Pflanzenbestände wird dadurch ermöglicht. Zudem werden verschiedene Zusatzmittel aus der Pflanzenschutzindustrie angeboten, um Nährstoffgehalte und deren Verfügbarkeit noch zu verbessern.

Um den optimalen Einsatz der Gärreste planen zu können, müssen vorab folgende Fragen geklärt werden:

1. Welche Mengen fallen an?
2. Welche Auswirkungen hat die Vergärung auf die Nährstoffe in Bezug auf Gehalte und Verfügbarkeit?
3. Was muss bei der Ausbringung berücksichtigt werden?

Im Folgenden wird auf diese Fragestellungen näher eingegangen, um einen für die Pflanzenernährung optimalen Einsatz der Gärreste zu ermöglichen und einen möglichst hohen Wert aus Ihnen zu ziehen.

1. Anfallende Mengen

Die als Substrate eingesetzten Fruchtarten haben sehr unterschiedliche Auswirkungen auf Menge und Zusammensetzung der anfallenden Gärreste. Grundsätzlich gilt:
Je geringer der Trockensubstanzgehalt des Substrats, desto höher ist die anfallende Gärrestmenge.
Die Berechnung der anfallenden Gärrestmengen ist durch den von der sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft berechneten Fugatfaktor vereinfacht möglich. Durch die Multiplikation der eingesetzten Substratmenge mit dem Fugatfaktor kann schon bei Einsatz der Substrate die anfallende Gärrestmenge näherungsweise bestimmt werden.

Nachwachsende Rohstoffe

Fugatfaktoren für die Volumenberechnung (Einheit/t)	
Gärsubstrat	**Fugatfaktor**
Festmist frisch	0,93
Trockenkot (Geflügel)	0,76
Maissilage	0,76
Grassilage	0,75
Ganzpflanzensilage (Getreide)	0,75
Lieschkolbensilage (LKS)	0,63
Rübenblattsilage	0,90
Getreide (Körner), Rapssaat	0,25
CornCobMix	0,45
Zuckerrüben	0,80
Futterrüben	0,90
Kartoffeln	0,90
Grünmais	0,80
Kleegras	0,90
Rotklee Pflanze	0,88

Fugatfaktoren für die Volumenberechnung (Einheit/t)	
Gärsubstrat	**Fugatfaktor**
Wiesengras	0,87
Raps Ganzpflanze	0,90
Stroh	0,60
Stroh aufgeschl. (NaOH, NH_3)	0,52
Wiesenheu	0,48
Kartoffelschlempe frisch	1,00
Backabfälle	0,15
Bierhefe gekocht	0,93
Biertreber	0,85
Biertreber trocken	0,45
Kartoffelflocken, -schrot	0,26
Kartoffelpresspülpe	0,84
Kartoffelpülpe trocken	0,32
Kartoffelschälabfall	0,91
Leinenextraktionsschrot	0,36

Verarbeitungsprodukte

Fugatfaktoren für die Volumenberechnung (Einheit/t)	
Gärsubstrat	**Fugatfaktor**
Magermilch	1,00
Maizkeime	0,42
Melasse	0,39
Milchzuckermelasse	0,79
Molke teilentzu. trocken	0,33
Molke	1,00
Obsttrester Apfel	0,86
Rapsextraktionsschrot	0,43
Rapskuchen kaltpress. 15 % Fett	0,35
Rapsöl	0,00
Weizenkleie	0,45
Weizennachmehl	0,25
ZR-Naßschnitzel	0,91
ZR-Pressschnitzel	0,83
ZR-Trockenschnitzel	0,19

Quelle: Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

2. Auswirkungen der Vergärung

Bei der Vergärung werden 30–80 % der Trockensubstanz abgebaut. Hierbei entspricht der Nährstoffoutput grundsätzlich dem Nährstoffinput; die Vergärung reduziert lediglich die organische Substanz.
Der Abbau der organischen Substanz während der Vergärung führt zu einer Freisetzung organisch gebundener Nährstoffe in anorganischen Verbindungen. Während des Gärprozesses werden organische Verbindungen abgebaut, der Nährstoffanteil je Kubikmeter Gärrest ist daher höher als im Ausgangssubstrat. Durch den reduzierten Anteil an organischen Säuren werden auch geruchsbildende Substanzen verringert, die säurebedingte Ätzwirkung nimmt ab, der pH-Wert steigt gegenüber dem Ausgangssubstrat leicht an.
Die Vergärung tötet zudem im Substrat befindliche Erreger vieler Pflanzenkrankheiten ab und verringert die Keimfähigkeit von Unkrautsamen. Seuchenhygienisch bedenkliche Bakterien werden in der Regel um 90 % reduziert.

Die Wirkungen sind von verschieden Faktoren abhängig:
1. Verweildauer
2. Betriebstemperatur im Fermenter
3. physikalische und chemische Bedingungen

Auswirkungen auf Stickstoff:

- durch den Abbau organischer Substanzen wird organisch gebundener Stickstoff in Ammonium gelöst = bessere (schnellere) Pflanzenverfügbarkeit durch einen um 5–10 % höheren Ammonium-Anteil
- mit steigendem pH-Wert wird Ammonium in Ammoniak umgewandelt, die Gefahr der N-Verluste durch Verdunstung steigt an
- Einengung des C/N-Verhältnisses = erhöhte kurzfristige Düngewirkung
- ca. 70 % der enthaltenen Nährstoffe sind im Jahr der Ausbringung anrechenbar

Auswirkungen auf andere Nährstoffe:

- Gehalte an Phosphor, Kalium, Magnesium und Calcium werden durch die Vergärung nicht verändert
- Ein Teil des Phosphors wird wie bei Stickstoff in anorganische Verbindungen überführt = bessere Pflanzenverfügbarkeit
- Kalium und Magnesium werden ebenfalls gelöst und sind damit gut pflanzenverfügbar
- Durch die gute Verfügbarkeit sind diese Nährstoffmengen voll anzurechnen!

Die Nährstoffgehalte der Gärreste hängen von den Substraten sowie deren Anteil in der Gesamtration ab.

In der folgenden Tabelle sind Faustzahlen der Nährstoffgehalte der wichtigsten Substrate zusammengefasst:

Art, Herkunft und Eigenschaften der Substrate			TS (%)	Nährstoffgehalte (kg/t)		
				N	P	K
1. Wirtschaftsdünger						
Rindergülle	Mittelwert		10	5,3	0,92	5,7
	Milchkuh		10	4,4	0,74	5,3
Schweinegülle	Standardfütterung		10	6,8	1,6	3,0
	NP-reduzierte Fütterung		10	4,4	1,3	2,5
Geflügelgülle	Standardfütterung		15	5,7	1,5	3,1
	NP-reduzierte Fütterung		15	5,4	1,1	2,6
Geflügelkot	mit Einstreu, Standardfütterung		45	1,6	0,48	1,2
Stallmist	Rinder		25	7,1	1,9	9,6
	Schwein		25	6,7	2,4	5,1
2. Pflanzliche Substrate						
Maissilage	Silage		32	4,1	0,72	4,2
Zuckerrüben (frisch)	Silage		23	1,5	1,0	2,5
Sonnenblumen	Silage		23	4,7	1,2	9,8
Getreide-GPS	Silage		35	5,6	2,3	1,0
Sorghum bicolor	Silage		25	3,0	1,6	5,4
Sudangras	Silage		23	2,7	2,3	3,8
Gras	Anwelksilage		40	10	1,5	12
Kleegras	Anwelksilage		40	11	1,4	12
3. Getreide		**Rohproteingehalt**				
Winterweizen	Korn	11	86	17	3,5	5,0
Wintergerste	Korn	12	86	16	3,5	5,0
Winterroggen	Korn	11	86	15	3,5	5,0

3. Hinweise zur Ausbringung

Da Gärreste im Vergleich zu Gülle einen höheren Gehalt an Ammoniak haben, ist auf verlustmindernde Ausbringung ein erhöhtes Augenmerk zu legen. Es sollte möglichst bodennahe Ausbringtechnik verwendet werden, zudem sollte die Ausbringung bei bedecktem Himmel erfolgen, um Verdunstungsverluste zu vermeiden.
Besonders zu Mais ist der Einsatz der Gärreste üblich, da Mais diese besonders gut verwerten kann.
Die dünnflüssigen Gärreste dringen in der Regel schnell in den Boden ein. Durch starke Nitrifikation des vorhandenen Ammoniums in niederschlagsreichen April- und Maiwochen kann der Auswaschungsverlust von Nitratstickstoff bei einer einmaligen Gärrestausbringung im zeitigen Frühjahr erheblich sein.

Daher empfiehlt sich eine mehrmalige Ausbringung, die zweite Gabe sollte im 4–6-Blatt-Stadium des Maises erfolgen, um dem Bedarf der Pflanze gerecht zu werden. Zudem kann ein Stickstoffstabilisator verwendet werden, um die Nährstoffumsetzung zu verlangsamen und die Nährstoffverfügbarkeit stärker dem Bedarf der Pflanze anzupassen.

Neben diesen agronomischen Hinweisen unterliegt die Ausbringung der Gärreste verschiedenen gesetzlichen Regelungen und Verordnungen.

4. Gesetzliche Vorgaben

Gärreste aus Anlagen, die ausschließlich mit Wirtschaftsdüngern, nachwachsenden Rohstoffen und Ernteresten beschickt werden, unterliegen den gleichen Anforderungen wie herkömmliche Wirtschaftsdünger. Hier finden die Regelungen der Düngeverordnung Anwendung.

Werden die Gärreste an Zweite abgegeben, greift zudem die Düngemittelverordung sowie das Düngemittelgesetz.
Beim Einsatz weiterer Substrate aus der verarbeitenden Industrie muss zusätzlich die EU-Hygieneverordung bzw. die Bioabfallverordnung berücksichtigt werden.

4.1 Düngeverordnung

Die Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung-DüV) sind auch bei der Ausbringung von Gärresten einzuhalten.

Vor der Ausbringung von wesentlichen Nährstoffmengen an Stickstoff oder Phosphor ist der Düngebedarf der Kultur sachgerecht festzustellen. Ausbringzeitpunkt und -mengen sind so zu wählen, dass verfügbare oder verfügbar werdende Nährstoffe den Pflanzen weitestgehend bedarfsgerecht zur Verfügung stehen. Der Landwirt hat jährlich (bis spätestens 31. März) einen betrieblichen Nährstoffvergleich für Stickstoff und Phosphat für

das abgelaufene Düngejahr zu erstellen. Entweder als Feld-Stall oder als Schlagbilanz. Dieser Nährstoffvergleich muss innerhalb bestimmter Grenzwerte liegen (siehe Düngeverordnung § 6). Ausgenommen sind Betriebe mit einem Nährstoffanfall aus Wirtschaftsdüngern unter 500 kg und mit weniger als 10 ha landwirtschaftlich genutzter Fläche. Die Biogasgülle unterliegt einer jährlichen Untersuchungspflicht.

Die Novellierung der Düngeverordnung (13. Januar 2006) begrenzt die Höchstmengenregulierung ausschließlich auf Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft. Wird eine Biogasanlage nur mit pflanzlichen Substraten betrieben, zählt die anfallende Biogasgülle auch nicht zu den Wirtschaftdüngern. Die Höchstmengenregulierung greift hier nicht. Bei Biogasanlagen, die sowohl mit Wirtschaftsdüngern als auch mit NAWAROs betrieben werden, wird der Stickstoff-Anteil, der aus dem Wirtschaftsdünger stammt, der Stickstoffobergrenze angerechnet. Für den Biogasbetreiber bedeutet dies:

- nur der Stickstoff, der über die Wirtschaftsdünger in die Biogasanlage eingebracht wurde, wird auf die Begrenzung für Ackerland von 170 kg Stickstoff/ha aus Wirtschaftsdüngern angerechnet
- der restliche Stickstoff, der aus Pflanzen stammt, fällt nicht unter diese Grenze, jedoch muss das jährliche Nährstoffsaldo (siehe Düngeverordnung § 6) eingehalten werden

Vorgaben der Düngeverordnung:

- unverzügliche Einarbeitung
- Erlaubnis zur Ausbringung nach der Hauptfrucht, wenn:
  - Stroh der Vorfrucht auf dem Feld verbleibt oder
  - Haupt- oder Zwischenfruchtanbau folgt
  - Ausbringmenge: 40 kg/ha Ammonium-Stickstoff
    80 kg/ha Gesamtstickstoff
- Ausbringverbot während der Sperrfristen:
  - Ackerland 01.11. – 31.01.
  - Grünland 15.11. – 31.01.
- Ausbringung außerhalb der Sperrfrist nur dann, wenn der Boden aufnahmefähig ist (Ausbringverbot auf wassergesättigten, gefrorenen, überschwemmten oder durchgängig mit mehr als 5 cm mit Schnee bedeckten Böden)

Gesetzliche Vorgaben zum Schutz der Gewässer:

Zum Schutz der Gewässer ist der direkte Eintrag von Nährstoffen in oberirdische Gewässer durch die Einhaltung eines Abstandes zu den Gewässern zu vermeiden. Zudem ist dafür Sorge zu tragen, dass kein Abschwemmen in oberirdische Gewässer erfolgt. Folgende Regelungen sind zu berücksichtigen:

Abstand zu oberirdischen Gewässern:

- Gewässerabstand bei ebener Fläche mindestens 3 m
  - Dies gilt nicht bei einer Ausbringtechnik mit genauer
- Platzierung (z. B. Schleppschlauch, Grenzstreueinrichtung)
- bei Ackerflächen, die innerhalb eines Abstandes von 20 m zur Böschungsoberkante eine Hangneigung mit durchschnittlich mehr als 10 % Hangneigung aufweisen
- innerhalb der ersten 10 m zur Böschungsoberkante nur, wenn die Düngemittel direkt in den Boden eingebracht werden (z. B. Güllegrubber)
- bei unbestellten Ackerflächen nur bei sofortiger Einarbeitung
- auf bestellten Ackerflächen
  - ➜ mit Reihenkultur (Reihenabstand 45 cm und mehr) nur bei entwickelter Untersaat oder bei sofortiger Einarbeitung
  - ➜ ohne Reihenkultur nur bei hinreichender Bestandesentwicklung oder
  - ➜ nach Anwendung von Mulch- oder Direktsaatverfahren

4.2 Weitere gesetzliche Vorgaben

Neben der Düngeverordnung gibt es noch weitere Verordnungen und Vorschriften, die je nach Einsatzstoffen und der Ausbringung auf hofeigenen Flächen oder fremden Flächen greifen:

Einsatzstoffe	Ausbringung auf hofeigener Fläche	Ausbringung auf fremder Fläche
Wirtschaftsdünger	DüV	DüV, DüMV
betriebseigener Pflanzenabfall	DüV	DüV, DüMV
nachwachsende Rohstoffe	DüV	DüV, DüMV
Bioabfall (Anhang 1 BioAbfV) und DüMV (Anlage 1, Tab. 11+12)	BioAbfV, DüV	BioAbfV, DüV, DüMV
Abfälle tierischer Herkunft	TierNebG, DüV	TierNebG, DüV, DüMV
Abfälle tierischer Herkunft und Bioabfall (Anhang 1 BioAbfV)	BioAbfV, TierNebG, DüV	BioAbfV, TierNebG, DüV, DüMV
Klärschlamm	AbfKlärV, DüV	AbfKlärV, DüV, DüMV

Quelle: KTBL

Ihre Berater für Zuckerrüben

A Steffen Ernst
Tel.: 03 99 59 / 2 02 03
Mobil: 01 73 / 5 37 00 01
Fax: 03 99 59 / 2 02 09
E-Mail: s.ernst@kws.com

B Fritz-Jürgen Lutterloh
Tel.: 0 51 42 / 41 02 83
Mobil: 01 73 / 5 37 00 03
Fax: 0 51 42 / 41 02 84
E-Mail: f.lutterloh@kws.com

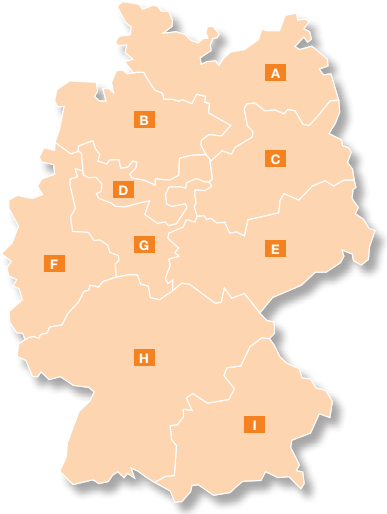
C Dr. Götz Neshau
Tel.: 03 94 09 / 65 79
Mobil: 01 73 / 5 37 00 02
Fax: 03 94 09 / 94 20
E-Mail: g.neshau@kws.com

D Fritz Hübner
Tel.: 0 55 61 / 98 20 60
Mobil: 01 73 / 5 37 00 04
Fax: 0 55 61 / 98 20 62
E-Mail: f.huebner@kws.com

E Siegfried Schäkel
Tel.: 03 44 91 / 8 02 76
Mobil: 01 73 / 5 37 00 05
Fax: 03 44 91 / 8 26 93
E-Mail: s.schaekel@kws.com

F Dr. Jan Kuckenberg
Tel.: 0 22 26 / 9 04 62 04
Mobil: 01 73 / 5 37 00 06
Fax: 0 22 26 / 9 04 62 05
E-Mail: j.kuckenberg@kws.com

G Hans-Wilhelm Roth
Tel.: 0 51 26 / 80 27 07
Mobil: 01 72 / 2 36 37 41
Fax: 0 51 26 / 80 27 09
E-Mail: h.roth@kws.com



H Jürgen Wagner
Tel.: 0 69 / 65 75 35
Mobil: 01 73 / 5 37 00 07
Fax: 0 69 / 65 44 06
E-Mail: j.wagner@kws.com

I Werner Linzmeier
Tel.: 0 86 42 / 59 53 43
Mobil: 01 72 / 5 62 94 01
Fax: 0 86 42 / 59 53 44
E-Mail: w.linzmeier@kws.com

Ihre Berater für Mais, Sonnenblumen und Sorghum

1 Axel von Schrader
Tel.: 0 48 73 / 90 10 73
Mobil: 01 62 / 4 28 43 25
E-Mail: a.vonschrader@kws.com

2 Arno Schröder
Tel.: 0 47 61 / 92 13 23
Mobil: 01 73 / 5 25 01 01
E-Mail: a.schroeder@kws.com

3 Wilhelm Lübking
Tel.: 0 50 33 / 39 13 30
Mobil: 01 72 / 5 63 15 88
E-Mail: w.luebking@kws.com

3 Carsten Lüttmann
Mobil: 01 51 / 18 85 55 34
E-Mail: c.luettmann@kws.com

4 Siegfried Ludger
Tel.: 0 54 91 / 67 12 62
Mobil: 01 51 / 18 85 51 15
E-Mail: s.ludger@kws.com

5 Johannes Judex
Tel.: 0 62 01 / 2 27 40
Mobil: 01 73 / 5 31 52 57
E-Mail: j.judex@kws.com

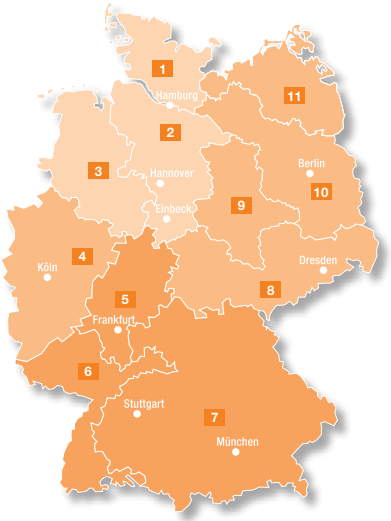
6 Olav Behrens
Tel.: 0 76 46 / 91 52 74
Mobil: 01 51 / 18 85 50 78
E-Mail: o.behrens@kws.com

7 Ernst-Arthur Bommer
Tel.: 0 82 85 / 92 80 25
Mobil: 01 72 / 5 67 50 64
E-Mail: e.bommer@kws.com

7 Jakob Böhm
Tel.: 0 84 66 / 90 50 10
Mobil: 01 73 / 5 25 01 02
E-Mail: j.boehm@kws.com

7 Rainer Bodenmeier
Mobil: 01 51 / 18 85 55 10
E-Mail: r.bodenmeier@kws.com

7 Hans-Jörg Hartmetz
Mobil: 01 51 / 18 85 55 62
E-Mail: h.hartmetz@kws.com



7 Constanze Holzfuß
Mobil: 01 51 / 18 85 55 58
E-Mail: c.holzfuss@kws.com

8 Dr. Holger Frießleben
Tel.: 03 67 39 / 3 35 03
Mobil: 01 72 / 2 31 28 98
E-Mail: h.friessleben@kws.com

8 Jan Köhler
Mobil: 01 51 / 18 85 55 71
E-Mail: j.koehler@kws.com

9 Marion Walter
Tel.: 0 34 71 / 36 28 62
Mobil: 01 72 / 5 11 21 58
E-Mail: m.walter@kws.com

9 Petra Remus
Mobil: 01 51 / 18 85 55 80
E-Mail: p.remus@kws.com

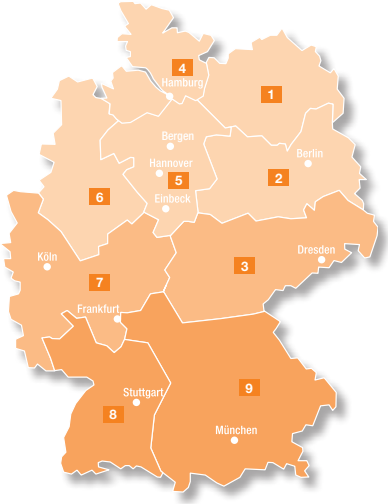
10 Robert Uhlemann
Tel.: 0 30 / 34 62 31 64
Mobil: 01 51 / 18 85 55 85
E-Mail: r.uhlemann@kws.com

10 Johanna Esser
Mobil: 01 51 / 18 85 55 86
E-Mail: j.esser@kws.com

11 Claudia Wilke
Tel.: 03 85 / 7 58 23 78
Mobil: 01 51 / 18 85 55 95
E-Mail: c.wilke@kws.com

11 Ralf Gieseler
Mobil: 01 51 / 18 85 55 90
E-Mail: r.gieseler@kws.com

Ihre Berater für Getreide



1 Stefan Mast
Schönfelder Weg 1
16909 Wittstock / Dosse
Mobil: 01 73 / 2 08 50 10
Fax: 0 50 51 / 47 72 22 37
E-Mail: mast@kws-lochow.de

2 Andreas Heinze
Kleinalsleben, Zum Anger 17
39387 Oschersleben
Tel.: 03 94 08 / 92 77 34
Mobil: 01 73 / 2 39 41 62
Fax: 0 50 51 / 477-2 22 36
E-Mail: heinze@kws-lochow.de

3 Bodo Aßmann
Raniser Straße 31
07381 Pößneck
Tel.: 0 36 47 / 42 52 30
Mobil: 01 73 / 2 39 41 63
Fax: 0 36 47 / 42 52 32
E-Mail: assmann@kws-lochow.de

4 Otto Köneke
Dorfstraße 5
23769 Klausdorf / Fehmarn
Tel.: 0 43 71 / 86 44 55
Mobil: 01 73 / 2 39 41 64
Fax: 0 43 71 / 95 76
E-Mail: koeneke@kws-lochow.de

5 Axel Siebert
Martha-Korell-Weg 17
30855 Langenhagen
Tel.: 05 11 / 7 63 80 52
Mobil: 01 73 / 2 39 41 65
Fax: 05 11 / 7 63 80 53
E-Mail: siebert@kws-lochow.de

6 Leopold Rüther
Dorfstraße 16
59602 Rüthen
Tel.: 0 29 54 / 10 20
Mobil: 01 73 / 2 39 41 66
Fax: 0 29 54 / 10 20
E-Mail: ruether@kws-lochow.de

7 Robert Bäumker
Neuwildberg 1
51580 Reichshof
Tel.: 0 22 97 / 9 09 93 91
Mobil: 01 73 / 2 39 41 67
Fax: 0 22 97 / 9 09 93 92
E-Mail: baeumker@kws-lochow.de

8 Martin Fahrion
Schlehenweg 10
73312 Geislingen / Steige
Tel.: 0 73 31 / 93 21 96
Mobil: 01 73 / 2 39 41 68
Fax: 0 73 31 / 98 69 69
E-Mail: fahrion@kws-lochow.de

9 Josef Kremheller
Kaiser-Heinrich-Straße 35
94491 Hengersberg
Tel.: 0 99 01 / 34 61
Mobil: 01 73 / 2 39 41 69
Fax: 0 99 01 / 34 62
E-Mail: kremheller@kws-lochow.de