



Rationalisierungs-Kuratorium
für Landwirtschaft

Ganzpflanzensilage



Dr. Johannes Thaysen

Ganzpflanzensilage

Juli 2010

Dr. Johannes Thaysen, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Abteilung Pflanzenbau/Pflanzenschutz/Landtechnik, Referat Grünland, Futterbau, Qualität und Konservierung, Am Kamp 15-17, 24768 Rendsburg, Tel. 04331-9453-323, jthaysen@lksh.de

Herausgeber:

Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL)

Prof. Dr. Yves Reckleben

Am Kamp 15-17, 24768 Rendsburg, Tel. 04331-708110, Fax: 04331-7081120

Internet: www.rkl-info.de; E-mail: mail@rkl-info.de

Sonderdruck aus der Kartei für Rationalisierung

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Zustimmung des Herausgebers

Was ist das RKL?

Das Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft ist ein bundesweit tätiges Beratungsunternehmen mit dem Ziel, Erfahrungen zu allen Fragen der Rationalisierung in der Landwirtschaft zu vermitteln. Dazu gibt das RKL Schriften heraus, die sich mit jeweils einem Schwerpunktthema befassen. In vertraulichen Rundschreiben werden Tipps und Erfahrungen von Praktikern weitergegeben. Auf Anforderung werden auch einzelbetriebliche Beratungen durchgeführt. Dem RKL sind fast 1400 Betriebe aus dem ganzen Bundesgebiet angeschlossen.

Wer mehr will als andere, muss zuerst mehr wissen. Das RKL gibt Ihnen wichtige Anregungen und Informationen.

Inhalt	Seite
1. Einleitung	850
2. Definition, Zielgrößen und Eignung der Getreidearten	851
3. Pflanzenbauliche Produktionstechnik	853
3.1 Standortangepasste Arten- und Sortenwahl	853
3.2 N-Düngung	860
3.3 Behandlung mit Pflanzenschutzmitteln und Wachstumsregulatoren	860
3.4 Anbautelegramme für Getreidearten.....	861
3.5 Sortenempfehlungen für GPS-Nutzung	866
3.6 Großkörnige Leguminosen (Erbsen, Bohnen, Lupinen)	867
3.7 GPS im Ökologischen Landbau	869
3.7.1 Exaktversuch 1995-2001 in Mildstedt	870
3.7.2 Ergebnisse – Sommergetreide/Erbsen-Ganzpflanzensilage.....	872
3.7.3 Ergebnisse – Wintergetreide-Ganzpflanzensilage	874
3.7.4 Gemengeanbau mit anderen Arten.....	878
3.7.5 Sortenempfehlungen	882
3.8 Getreide-Ganzpflanzensilage - Eine sinnvolle Alternative und Ergänzung zum Maisanbau für die Biomassenutzung.....	883
3.9 Erntezeitpunkt und Schnitthöhe	887
3.10 Siliereigenschaften.....	889
4. Erntetechnik und –management.....	890
4.1 Spezialtechnik des Exakthäckslers	890
4.2 Silomanagement	892
4.2.1 Transportieren und Einlagern	893
4.2.2 Verdichtung.....	894
4.2.3 Abdeckungsmanagement	899
5. Siliermittel	900
5.1 Mittelwahl und Einsatzempfehlungen in der Praxis.....	903
5.2 Dosiertechniken und –management	905
6. Erträge	910
7. Gebrauchswerte von GPS	911
7.1 Rohnährstoffe und Energiegehalte	913
7.2 Verdaulichkeiten und Energiegehalte	913
7.3 Gärqualität	914
7.4 Lagerstabilität	916
8. Einsatz in der Milchkuh-Fütterung	916
9. Kosten.....	918
10. Literaturverzeichnis	919

1. Einleitung

Insbesondere in den Grenzlagen des Silomaisanbaus wird über den Anbau von Getreide zur Ganzpflanzensilierung nachgedacht, nicht zuletzt aufgrund der Qualitätsschwankungen der Maissilagen in einigen Regionen. Auch mit den Grassilagen können die Getreideganzpflanzensilagen hinsichtlich der Strukturwirksamkeit konkurrieren und somit in maisbetonten Rationstypen durchaus die Grassilagen verdrängen. Die Nutzung von Getreidebeständen als Ganzpflanzensilage ist überall dort interessant, wo die Ertrags- und/oder Qualitätsleistungen des Silomaises abfallen. Getreidebestände sind z.B. auf schwersten Lehm- oder Marschböden oder in Gebieten mit hohen Jahresniederschlägen oder niedrigen Frühjahrstemperaturen aus pflanzenbaulicher Sicht dem Silomais ertraglich überlegen.

Ebenso wie bei den anderen Grobfuttermitteln hängen der Futterwert und die Qualität der Konservate sensibel von vegetationsbedingten, anbau- und siliertechnischen Einflüssen ab. Soll eine den Hochleistungstieren gerechte Silagequalität hoher Energiedichte und guter Gärqualität aus Getreideganzpflanzen erzeugt werden, so sind Bestände mit möglichst hohen Kornerträgen oder niedrigem Strohanteil zu nutzen sowie eine ausgefeilte Produktionstechnik der Silagebereitung mit dem Zusatz von DLG-geprüften Silierzusätzen zu praktizieren. GPSen sind bei Einbau in grassilagebetonte Rationen und entsprechendem Eiweißausgleich in der Lage, ansprechende Leistungen zu erbringen.

Im Ökologischen Anbau ist der Gemengeanbau mit Leguminosen innerhalb einer Fruchtfolge zur Schließung der Eiweißlücke von größter Bedeutung.

Der Einsatz von GPS'en als Biogassubstrat führt oft aufgrund von Synergieeffekten zu Steigerungen der Gasausbeute im Vergleich zu Monovergärung mit Silomais. Die Vermeidung eines einseitigen Maisanbaus zugunsten mehrgliedriger Fruchtfolgen entspricht den Cross Compliance Anforderungen und schafft zudem eine höhere gesellschaftliche Akzeptanz für die Energieproduktion vom Acker.

Arbeitswirtschaftliche Vorteile sind durch das Brechen von Arbeits- und Erntespitzen sowie durch optimierte Möglichkeiten der Gülle- bzw. Gärsubstratausbringung gegeben.

2. Definition, Zielgrößen und Eignung der Getreidearten

Der Begriff „Ganzpflanzensilage“ ist eine Übersetzung des englischen Begriffs „Whole Crop Silage“ und wird im deutschsprachigen Raum für Silagen aus Getreideganzpflanzen mit oder ohne weitere Gemengepartner wie z.B. Leguminosen verwendet. Im weiteren Sinne sind auch Grassilagen oder Silomaissilagen Ganzpflanzensilagen, da auch bei diesen die ganze Pflanze geerntet wird.

Aus der Sicht der Futterbewertung für Wiederkäuer besteht die Getreidepflanze aus stärkereichen Körnern, wobei die Stärke im Pansen relativ schnell löslich ist, und Stroh. Bei der Verwendung als Biogassubstrat interessiert vor allem der Anteil organischer Trockenmasse (oTM). Für alle Verwendungszwecke lassen sich folgende Zielgrößen definieren:

- Hoher Massen- und Energieertrag (Steuerung über Sortenwahl und Produktionstechnik)
- TM-Gehalt zwischen 35 und 40 % (sicher über der Gärstoffbildungsgrenze)
- Maximal 30 % Rohfaser (Steuerung über Schnitthöhe, Kornanteil, Erntezeitpunkt)
- Mindestens 10 % Rohprotein (Steuerung über Gülle- und N-Düngung)
- Möglichst viel Stärke über 20 % (Steuerung über Schnitthöhe, Kornanteil, Erntezeitpunkt)
- Möglichst hohe Energiedichte (> 6,0 MJ NEL/kg TM)
- Kurze Häcksellänge (6-8 mm) und als Biogassubstrat: intensive Aufbereitung
- Stabile Silage ohne Buttersäure, Nacherwärmung und Schimmelbildung (Siliermitteleinsatz)

Generell ist die Ganzpflanzensilierung aller Getreidepflanzen möglich. Gerste, Triticale und Weizen eignen sich aufgrund des engen Korn-Stroh-Verhältnisses besser als Roggen, der bei stark gefährdeten Beständen (Lagern, Auswuchs, Hagelschäden etc.) aber ebenfalls in Betracht kommen kann. Hafer kann aufgrund der besseren Kornverdauung und des verzögerten Absterbens der Halme später als die anderen Getreidepflanzen, d.h. noch bis Mitte der Teigreife, genutzt werden. Bei der Ernte treten häufig hohe Kornverluste auf, die die Energiedichte reduzieren können. Eine gesonderte Züchtung von Getreidepflanzen auf die Eignung für die Ganzpflanzensilierung existiert nicht. Bei der Wahl der geeigneten Getreideart und –sorte muss insbesondere der Kornertrag, das Korn-Stroh-Verhältnis und – zur arbeitswirtschaftlichen Einordnung – der Reifezeitraum berücksichtigt werden.



Bild 1: Erntereifer Wintergersten Bestand

Bis in die Blüte verändert sich der Futterwert von Getreidepflanzen. Das einsetzende Streckungswachstum der Pflanzen bewirkt eine verstärkte Synthese und Einlagerung von Zellulose bzw. Hemizellulose in die Zellwände des Stängels; der Rohfasergehalt steigt bis zur Blüte von 18 % auf 34 % der TM. Dies ist die Zeit des „Grüngetreides“, das als Grünfutter oder Silage verabreicht werden kann. Hier besitzen Grünroggen und Grünhafer als Winterzwischenfrucht bzw. Stoppelsaat eine gewisse Bedeutung, insbesondere als Gärsubstrat (NaWaRos) für Biogasanlagen.

Die Ausbildung energiereicher, hoch verdaulicher Samen gleicht die sinkende Verdaulichkeit mit zunehmender Reife aus. Gleichzeitig sinkt der Strohanteil. Er beträgt bei der Gerste zur Blütezeit ca. 80 % und zur Drusch- oder Gelbreife nur noch 35 %. Erst bei nahezu vollständiger Kornfüllung und mit beginnender Druschreife kann die fortschreitende Verholzung der Restpflanze nicht mehr kompensiert werden und die Verdaulichkeit der organischen Substanz der Gesamtpflanze geht zurück.

Der Stärkegehalt von teigreifen Getreideganzpflanzen ist insbesondere vom Körneranteil sowie von der Schnitthöhe bei der Ernte abhängig. Er schwankt zwischen 5 % und 28 % je kg TM. Die höchste Energiedichte kann im Extremfall mit einer „Ährensilage“ erzielt werden. Die Einstellung des optimalen Stroh-Korn-Verhältnisses wird somit zur „Hohen Schule“ der Getreideganzpflanzensilierung. Für eine Energiedichte zwischen 6 und 7 MJ NEL je kg TM ist ein Kornanteil von über 50 % notwendig (Abb. 1). Wem dies nicht gelingt, der sollte eher über Feuchtgetreidekonservierung nachdenken und gezielte Mengen Stroh als Strukturlieferant in die Ration einbauen.

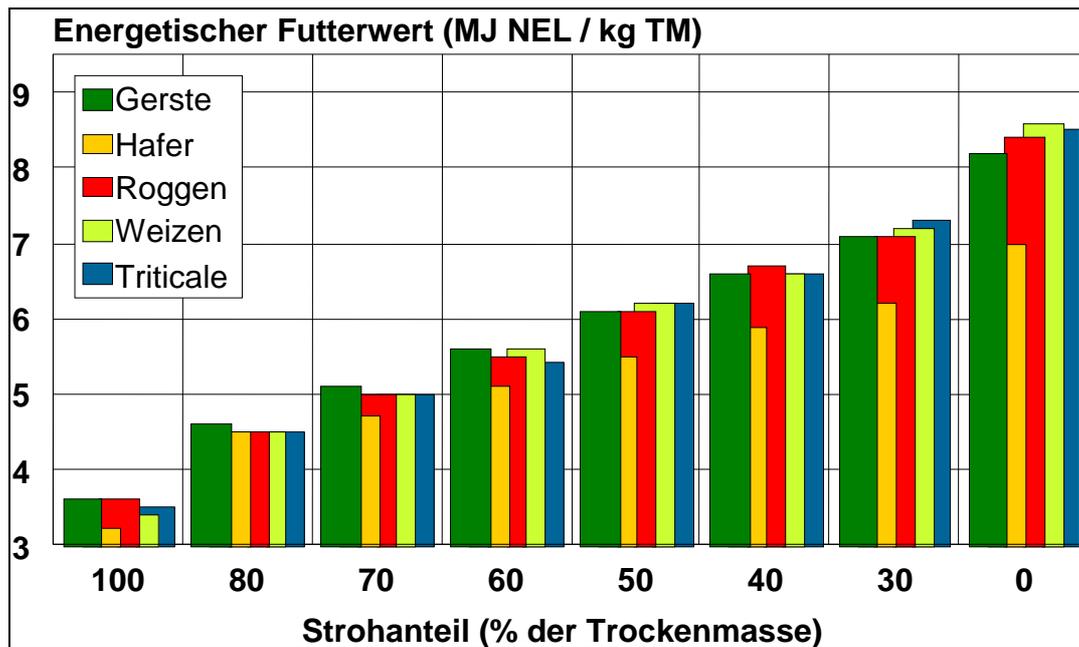


Abb. 1: Energetischer Futterwert von Getreideganzpflanzen

3. Pflanzenbauliche Produktionstechnik

Das Ziel aller pflanzenbaulichen Maßnahmen muss hohe Erträge bei optimalen Futterqualitäten sein. Dabei ist von der Saatbettbereitung, über den Saatzeitpunkt, die standort-angepasste Saattiefe und Saatmenge sowie die Bestandesführung mit den notwendigen Pflanzenschutz- und Düngungsmaßnahmen bis zur Ernte der jeweils letzte Stand der Technik und das dazugehörige Management umzusetzen. Obwohl GPS-Bestände 2-3 Wochen vor der Druschreife geerntet werden, unterscheiden sich die Maßnahmen nur bei der N-Düngung und optional bei der letzten Fungizidbehandlung aufgrund der Wartezeitenproblematik. Hinweise zur Bestandesführung von Getreide-GPS-Beständen enthalten die in Kapitel 3.4 dargestellten Anbautelegramme.

3.1 Standortangepasste Arten und Sortenwahl

Da die Getreidearten unterschiedlich an die Gegebenheiten des Standortes und der Bodenart angepasst sind, ist eine differenzierte Arten- und Sortenwahl erforderlich. Die LK Niedersachsen (RIECKMANN, 2008) hat zu dieser Frage umfangreiche Versuche mit GPS-Prüfungen durchgeführt. Die vier Wintergetreidearten Gerste, Roggen, Triticale und Weizen wurden im Hinblick auf das Abreife- und Ertragsverhalten bei zeitlich gestaffelten Ernteterminen untersucht. Dazu fand auf einem Sandstandort in Werlte, Landkreis Emsland, sowie auf dem schweren

Bördestandort Poppenburg im Landkreis Hildesheim ein Erntezeitpunktversuch statt. Außerdem wurden auf 4 Standorten in Niedersachsen (Tab. 1) unterschiedliche Sortentypen bei Winterroggen, Wintertriticale und Winterweizen geprüft, teilweise gleichzeitig in zwei verschiedenen Aussaatstärken.

Tab. 1: Sortentypen- und Erntezeitpunktversuche

Landkreis	Emsland	Harburg	Hildesheim	Helmstedt
Bodenart	lehm. Sand	lehm. Sand	Lehm	schluff. Lehm
Ackerzahl	40	35	85	80
Aussaatdatum	15.10.07	19.10.07	09.10.07	25.10.07
Sortentypen-Versuche mit:	WR, WT	WR, WT	WR, WT, WW	WR, WW
Erntezeitpunkt-Versuche mit:	WG, WR, WT, WW		WG, WR, WT, WW	

Sorten beim EZP-Versuch: WG: Highlight, WR: Visello, WT: Benetto, WW: Hermann

Erntezeitpunktversuche

Die vier Getreidearten wurden in Poppenburg zu 5 identischen Terminen beerntet, die Ernte in Werlte erfolgte in Abhängigkeit der Abreifeentwicklung der einzelnen Getreidearten. Während des Erntezeitraumes vom 29. Mai bis 11. Juli war auf beiden Standorten mit zunehmender Abreife der Getreidearten ein deutlicher Ertragszuwachs festzustellen.

Die Abreifeunterschiede zwischen Roggen (36,8 %), Triticale (34,3 %) und Weizen (32,8 %) lagen in Poppenburg bei jeweils 2 % TM-Gehalt über alle Erntetermine; lediglich Wintergerste (43,9 %) zeigte erwartungsgemäß bei den späten Ernteterminen eine beschleunigte Abreife (Abb. 2). Zum ersten Erntetermin lagen die 4 Getreidearten mit Ausnahme des noch nicht so weit entwickelten Weizens quasi auf einem Ertragsniveau. Deutliche Ertragsvorteile konnten Roggen, Triticale und Weizen gegenüber der Gerste erst ab dem 3. Erntetermin erzielen. Im Zeitraum vom 12. bis zum 26. Juni wurde über alle Getreidearten ein mittlerer Zuwachs von 40 dt TM/ha erreicht, wobei die Triticale die höchsten Steigerungsraten erzielte. Während die Wintergerste bis zum 26. Juni mit über 40 % TM-Gehalt bereits über dem optimalen Erntetermin lag, erreichten Roggen und Triticale gut 35 % TM-Gehalt. Beim Weizen setzte der Ertragszuwachs erst ab der 3. Junidekade ein, so dass er das Ertragsoptimum Anfang Juli erreichte. Zum 3. Erntetermin (26.06.) erreichten Roggen und Weizen ca. 180 dt und Triticale erzielte mit 200 dt TM/ha ein Spitzenergebnis. Der Rückgang der TM-Gehalte zum 5. Erntetermin ist auf stärkere Niederschläge vor der Beerntung zurückzuführen.

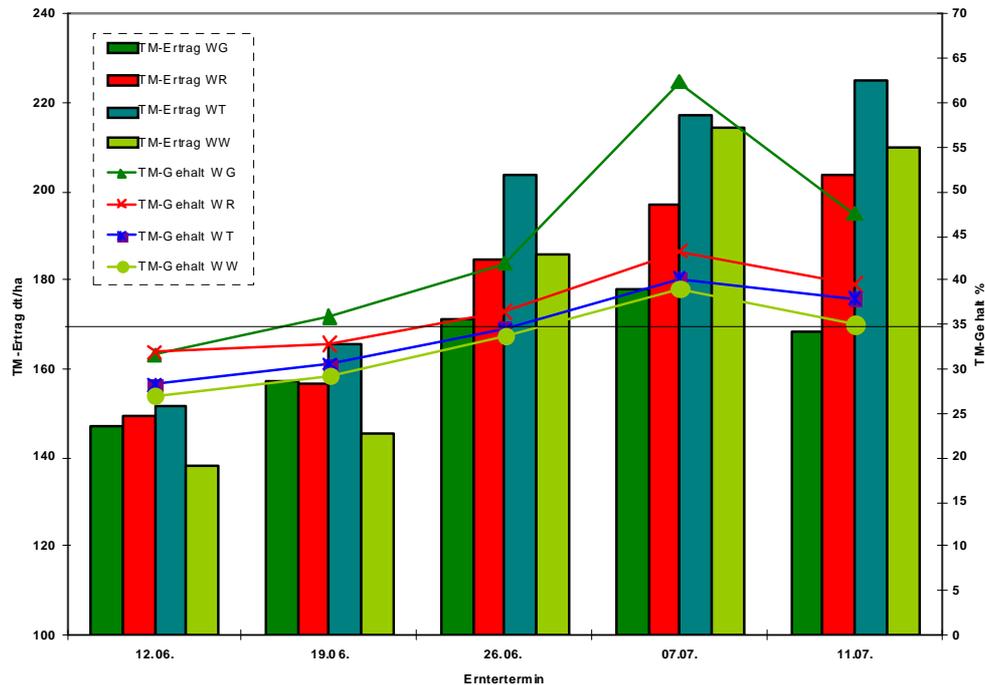


Abb. 2: Ertrags- und Abreifeverhalten, Poppenburg

Die in der Praxis in diesem Jahr zum Teil geäußerten Hinweise auf nicht zufriedenstellende Ertragsleistungen bei der GPS-Nutzung beruhen möglicherweise auf einer verfrühten Beerntung.

3.1.1 Auf dem leichteren Standort Werlte begann die Beerntung der Getreidearten zum Zeitpunkt der Milchreife (Abb. 3). Die Wintergerste erreichte zum 3. Termin am 12. Juni bereits TM-Gehalte von gut 35 % bei einem Ertragsniveau von ca. 120 dt TM/ha. Eine Woche später lagen die TM-Gehalte bereits über 40 %; allerdings stiegen die Erträge auf ca. 140 dt TM/ha. Der Roggen konnte unter diesen Standortbedingungen erwartungsgemäß die besten Ertragsleistungen erbringen und erreichte bereits zum frühen Erntetermin höhere Erträge als die übrigen Getreidearten. Am 18. Juni wurden knapp 160 dt TM/ha bei 35 % TM-Gehalt erzielt. Eine spätere Beerntung lieferte nur noch recht bescheidene Mehrerträge. Die Triticale erreichte erst zwei Wochen später das Ertragsniveau des Roggens bei allerdings erhöhten TM-Gehalten von über 40 %. Der Weizen erzielte auf diesem Standort witterungsbedingt (zeitweiliger Trockenstress) nur mittlere Erträge. Die unerwartet hohen TM-Gehalte während der einzelnen Beerntungen lassen sich durch den Trockenstress erklären.

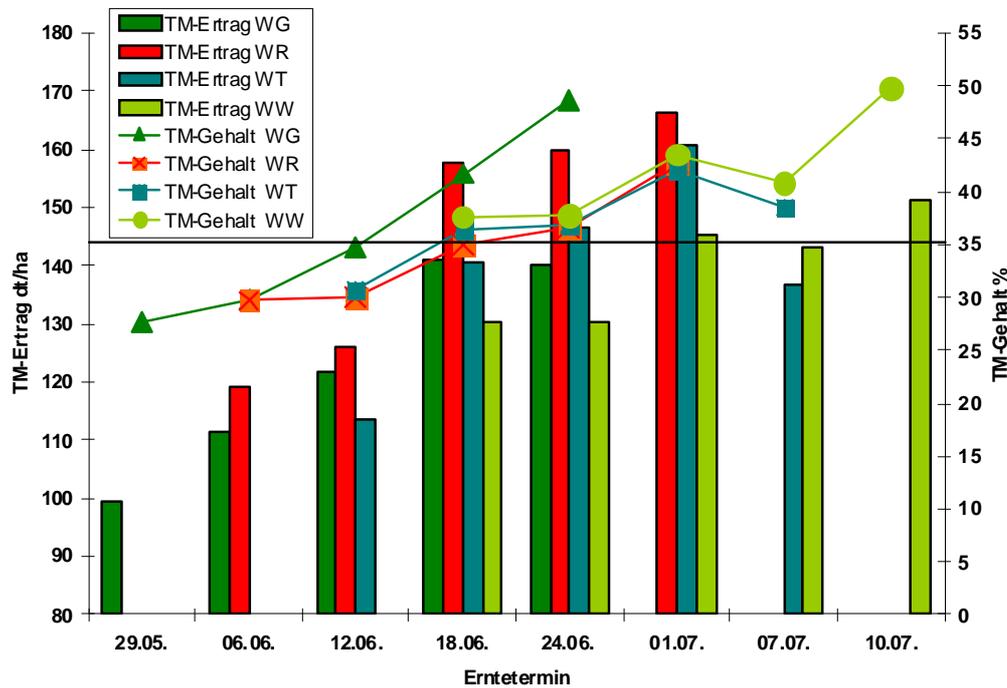


Abb. 3 Ertrags- und Abreifeverhalten, Werte

Vergleich unterschiedlicher Sortentypen bei den Wintergetreidearten

Die dargestellten Sorten dienen als Beispielsorte für die genannten Sortentypen. Beim Roggen repräsentiert die Hybridsorte Balistic die korntragsstarken Sortentypen mit geringer Pflanzenlänge, Conduct wurde als Populationsorte geprüft und Hellvus ist als langstrohige Sorte einzustufen. Bei der Wintertriticale wurde Benetto als mehr langstrohige Sorte ausgewählt, während Grenado als kornbetonte kurzstrohige Sorte einzustufen ist. Massimo wurde als massenbetonte Sorte in die Prüfungen aufgenommen. Beim Weizen wurden Hermann und Inspiration als korntragsbetonte sowie Solitär und Ephorus als massenbetonte Sorten angebaut. Die Ernte erfolgte im Zeitraum 19. bis 25. Juni, um – wie in der Praxis zunehmend anzutreffen – ausreichend Vegetationszeit für eine Zweitfrucht zur Verfügung zu haben.

Winterroggen

Aufbauend auf den Versuchen mit Winterroggen zur Ganzpflanzensilage ab 2004 wurden für die aktuelle Versuchsserie neuere Sorten ausgewählt, um dem Zuchtfortschritt Rechnung zu tragen.

In Abhängigkeit der Standort- und Witterungsbedingungen erreichten die Roggensorten im Mittel ein Ertragsniveau von 84 (Buchholz) bis 154 dt (Poppenburg) TM/ha (Tab. 2). In Buchholz ließ die Frühjahrstrockenheit (Mai bis Anfang Juni) die Bestände sich nicht optimal entwickeln. Die gegenüber dem Standort Poppenburg

etwas geringeren Erträge in Königslutter beruhen auf der zurückliegenden Abreifeentwicklung (32,7 % gegenüber 35,2 % TM-Gehalt). Der Versuch auf dem Standort Werlte wurde durch die Trockenheit nicht negativ beeinflusst und erzielte bei 37,2 % TM-Gehalt mit 151 dt TM/ha ebenfalls einen hohen Ertrag.

Tab. 2: GPS Winterroggen – TM-Ertrag und Bestandeseigenschaften

Sorte	Saatedichte	TM-Ertrag dt/ha (rel. zum Mittel)					Ähren/qm (abs)	Pflanzenlänge cm (abs)
		Buchholz	Werlte	Poppenburg	Königslutter	Mittel 4 Orte		
Balistic	200 kf. Kö/qm	96	101	101	100	100	434	135
	300 kf. Kö/qm	105	105	102	100	103	487	140
	Mittel	101	103	102	100	101	461	137
Conduct	200 kf. Kö/qm	101	102	102	100	101	429	154
	300 kf. Kö/qm	106	102	99	105	103	430	158
	Mittel	103	102	101	103	102	429	156
Hellvus	200 kf. Kö/qm	87	94	96	98	94	366	155
	300 kf. Kö/qm	105	96	100	97	99	383	159
	Mittel	96	95	98	97	97	375	157
Mittel	200 kf. Kö/qm	95	99	100	99	99	410	148
	300 kf. Kö/qm	105	101	100	101	101	433	152
	Mittel (abs.)*	84,2	151,3	154,3	136,5	131,6	422	150

*= Mittel aus allen Sorten und Bestandesdichten

Wegen der geringen Stärkegehalte war die Kornausbildung der Getreide zur Ernte noch kaum ertragsrelevant. Das erklärt die relativ gering ausfallenden Sortenunterschiede und insbesondere, dass die kornertragsbetonte Sorte sich nicht besonders hervorheben konnte. Tendenziell zeichnen sich jedoch auf den ertragreichen Standorten Werlte und Poppenburg mit fortgeschrittener Abreife leichte Ertragsvorteile ab. Nach den Landessortenversuchen sind 2008 andere Sorten im Kornerntrag höher einzustufen als die in diesem Versuch eingesetzten Sorten. Somit ist zu folgern, dass kornerntragstarke Sorten mit gleichzeitig höherem Restpflanzenanteil noch höhere Erträge erzielt hätten.

Wie auch im vergangenen Jahr ist bei Betrachtung der differenzierten Aussaatstärke erkennbar, dass auf den hocheertragreichen Standorten geringe Aussaatstärken den Ertrag nicht negativ beeinflussen. Gleichwohl wird deutlich, dass auf den leichteren Standorten zumindest bei Frühjahrstrockenheit eine höhere Bestandesdichte leichte Vorteile bietet.

Wintertriticale

Die Versuche auf den Standorten Buchholz, Werlte und Poppenburg zeigen prinzipiell ein vergleichbares Ergebnis wie der Roggen (Tab. 3). So liegen die Erträge in Werlte und Poppenburg deutlich über 150 dt TM/ha. Hingegen reagierte die Triticale auf dem im Frühjahr trockenheits-geschädigten Standort Buchholz mit lediglich 55 dt TM/ha noch stärker mit Ertragsdepressionen. Und auch hier

beeinflussten höhere Bestandesdichten unter diesen Bedingungen den Ertrag positiv. Da aufgrund noch nicht fortgeschrittener Abreife die Kornausbildung am Anfang war, konnten die restpflanzenbetonten Sorten ertraglich besser abschneiden als die kornertragsbetonte Sorte. Insbesondere Massimo fiel durch deutliche Mehrerträge gegenüber den anderen Sorten positiv auf.

Tab. 3: GPS Wintertriticale – TM-Ertrag und Bestandeseigenschaften

Sorte	Saatedichte	TM-Ertrag dt/ha (rel. zum Mittel)				Ähren /m ² (abs)	Pflanzenlänge cm (abs)**
		Buchholz	Werlte	Poppenburg	Mittel 3 Orte		
Benetto (B)	250 kf. Kö/m ²	98	103	98	100	371	96
	350 kf. Kö/m ²	106	103	103	103	398	92
	Mittel	102	103	101	102	384	94
Grenado (B)	250 kf. Kö/m ²	94	97	101	98	381	72
	350 kf. Kö/m ²	102	97	98	98	423	70
	Mittel	98	97	99	98	402	71
Massimo	250 kf. Kö/m ²	96	114	107	109	389	93
	350 kf. Kö/m ²	105	116	114	114	415	94
	Mittel	101	115	111	111	402	93
Mittel	250 kf. Kö/m ²	96	105	102	102	380	87
	350 kf. Kö/m ²	104	106	105	105	412	85
	Mittel	100	105	104	104	396	86
	Standard abs. *	54,9	156,2	161,2	124,1	393	82

Globale Bezugsbasis

* = Standard: Mittel der Sorten (Benetto, Grenado)

** = s. Tabelle 4

Winterweizen

GPS Winterweizen wurde lediglich auf den beiden Lehmstandorten geprüft. Die Sorten wurden zum gleichen Zeitpunkt wie die Roggenversuche beerntet und lagen bei knapp 30 % TM-Gehalt gegenüber dem Roggen zurück (Tab. 4). Erwartungsgemäß wiesen auch in diesem Fall die massenbetonteren Sorten ertragliche Vorteile auf. Im vergangenen Jahr wurden hier die Versuche in der Teigreife beerntet, und die kornertragsbetonte Sorte schnitt ertraglich besser ab.

Tab. 4: GPS Winterweizen – TM-Ertrag und Bestandeseigenschaften

Sorte	TM-Ertrag dt/ha (rel. zum Mittel)			Ähren/m ² (abs)	Pflanzenlänge cm (abs)**
	Poppenburg	Königs-lutter	Mittel 2 Orte		
Solitär (B)	103	101	102	571	108
Hermann (B)	97	99	98	615	93
Ephorus	106	110	108	557	100
Inspiration	103	102	102	573	88
Mittel	102	103	103	579	97
Standard abs.*	136,1	112,3	124,2	593	100

* = Standard: Mittel der Sorten (Solitär, Hermann)

** = Daten vom Standort Königslutter

Die Ergebnisse des Jahres 2008 zeigen den gravierenden Einfluss des Erntezeitpunktes auf die Ertragsleistungen der einzelnen Getreidearten und ebenso der einzelnen Sorten. Die Wintergerste erreicht das Stadium der Milchreife/beginnenden Teigreife deutlich früher als die anderen Getreidearten, erzielt in der Regel jedoch nicht deren Ertragsniveau. Der Winterroggen hat sich auf vielen Standorten zur GPS-Nutzung etabliert und sollte insbesondere auf den leichteren Standorten bevorzugt zum Anbau kommen. Auf ertragsstarken Standorten können auch Wintertriticale oder Winterweizen eingesetzt werden, die den optimalen Erntetermin jedoch später erreichen und dann auch entsprechend später ihr hohes Ertragsvermögen ausspielen. Bei relativ früher Beerntung, als die Kornausbildung noch gering fortgeschritten war, zeigten 2008 massenbetonte Sorten tendenzielle Ertragsvorteile. Das Ertragsvermögen körnerbetonter Sorten kommt erst mit fortschreitender Abreife stärker zum Tragen. Tab. 5 enthält die zusammengefassten Empfehlungen zur standortangepassten Artenwahl.

Tab. 5: Auswahl der Getreidearten bei GPS-Verfahren in Abhängigkeit des Standortes

Auswahl der Getreideart bei GPS - Verfahren	
Getreideart	Standort/Bodenart
Winterweizen Wintergerste, Hafer Sommergerste/Erbsen	Lehm, Marsch Lehm, Sand, Marsch Sand, Lehm
Triticale Roggen	Sand, Lehm Sand

3.2 N-Düngung

Die N-Düngung kann aus mineralischen - oder Wirtschaftsdüngerquellen erfolgen. Für eine GPS-Nutzung ist es zwingend erforderlich, dass die Bestände kein Lager aufweisen, damit die Beerntbarkeit gewährleistet ist. In Abhängigkeit des Witterungsverlaufs und der Bodenart ist zu prüfen, ob auf die in der Druschernte übliche letzte N-Gabe verzichtet werden kann bzw. muss, da diese die Lagerneigung begünstigen kann. Weitere Einzelheiten zur Aufteilung und Höhe der N-Düngung zu den Arten befinden sich unter 3.4 (Anbautelegramme).

3.3 Behandlung mit Pflanzenschutzmitteln und Wachstumsregulatoren

Da die GPS-Ernte im Übergang von der Milchreife zur mittleren Teigreife 2-3 Wochen vor der Druschernte in der Totreife der Körner erfolgt, gibt es bei der letzten Fungizid-Behandlung aufgrund der üblichen Wartezeiten der Produkte von 38 Tagen Einschränkungen zur Durchführung der Spritzung.

Der Einsatz von Wachstumsregulatoren (Cycocel) ist heute zur Sicherung der Standfestigkeit der Bestände gebräuchlich. Dadurch wird die Halmlänge verkürzt, der relative Körnertrag erhöht und der Masseertrag gesenkt (Abb. 4). Der Effekt ist mit einer Erhöhung der Schnitthöhe vergleichbar.

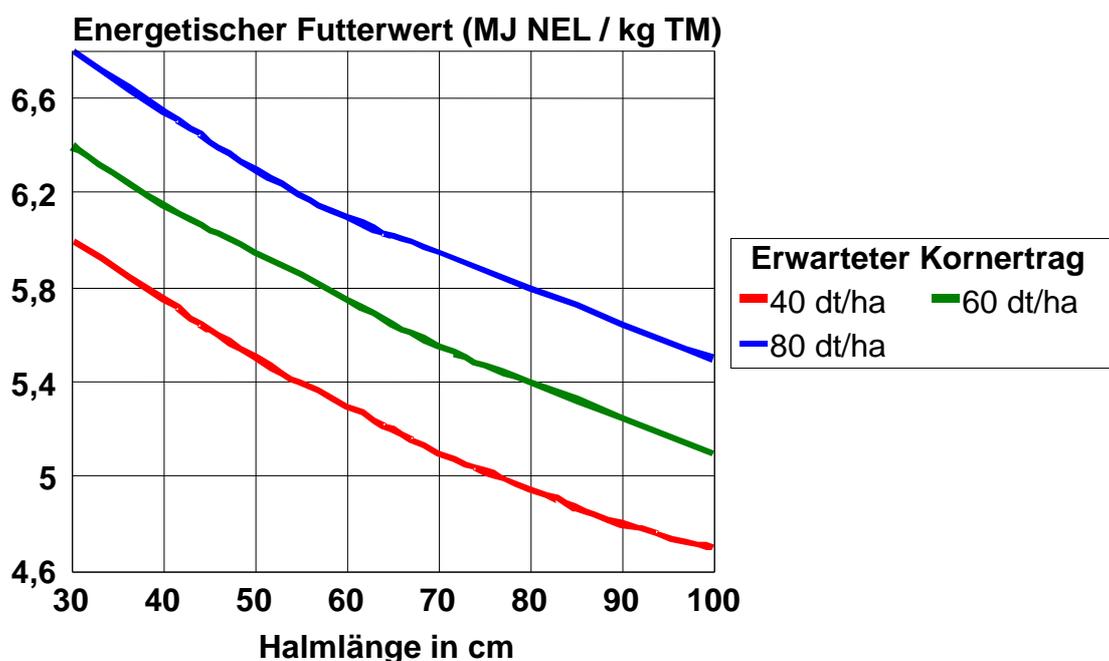


Abb. 4: Energetischer Futterwert von Getreideganzpflanzen mit unterschiedlicher Halmlänge

3.4 Anbautelegramme für Getreidearten

Hinweise zur optimalen Produktionstechnik für die wichtigsten Sommer- und Wintergetreidearten enthalten die nachfolgend aufgeführten Anbautelegramme, die von der LK Schleswig-Holstein (OBENAUF, 2008) jährlich publiziert werden.



Bild 2: Exaktversuche ermöglichen Aussagen zu Ertrags- und Qualitätseigenschaften von GPS'en

Winterweizen – Anbautechnik		
Bodenansprüche	<ul style="list-style-type: none"> • kalkhaltige, nährstoffreiche, tiefgründige Böden • hohe und sichere Kornerträge ab 50 Bodenpunkte • Grenzstandorte: ab 25 – 30 Bpkte. bei ausreichender Wasserversorgung und mit ausgewählten Sorten möglich, nur nach Blattfruchtvorfrucht / Mais 	
pH-Wert	<ul style="list-style-type: none"> • standortoptimal, i.d.R. 6,5 – 7,0 	
Fruchtfolge	<ul style="list-style-type: none"> • sichere Erträge nach Blattfruchtvorfrucht (Raps, Rüben, Kartoffeln, Ackerfutter, aktiv begrünte Stilllegung) • geeignete Getreidevorfrucht: Hafer • bedingt geeignete Getreidevorfrucht: Sommergerste, Weizen 	
Weizen nach Weizen	<ul style="list-style-type: none"> • Lehm Böden: Ertragseinbußen bis 10 %, Marsch: 5 – 8 % im Vgl. zu Weizen nach Raps - bessere Lehm Böden: mehrjähr. Selbstfolge und Weizen nach Weizen (z.B.: Raps-Weizen-Weizen) mit angepasster Prod.technik möglich • Marsch: Weizen in mehrjähriger Selbstfolge möglich 	
Saatzeit	<ul style="list-style-type: none"> • Marsch: 15. (10.) – 25. September • Östl. Hügelland: - früh: 10. (5.) – 20. September - normal: 25. September – 10. Oktober - spät: ab 20. Oktober (ab 05.11. nur noch nach Z.Rüben sinnvoll) 	
Saatbett, -tiefe	<ul style="list-style-type: none"> • Saatbett unten fest, oben locker • Saattiefe: 2-4 cm 	
Saatmenge	<ul style="list-style-type: none"> • früher Saattermin: (100 – Hybridweizen) 200 – 260 keimfähige Körner/m² • normaler Saattermin: 260 – 320 keimfähige Körner/m² • Spätsaat: 320 – 380 (420) keimfähige Körner/m² • Ungünstige Bodenbedingungen und/oder Weizen n. Weizen: höhere Saatmenge zum jeweiligen Aussaattermin 	
	<p>Berechnung der Saatmenge:</p> <p>Saatmenge in kg/ha = $\frac{\text{keimfähige Körner/ha} \times \text{Tausendkorngewicht (g)}}{\text{Keimfähigkeit (\%)} \times \text{erwarteter Felddauung (\%)}}$</p>	
Stickstoffdüngung	Entwicklungsstadium	Menge in kg N / ha
	Termin	
	1.Gabe (Vegetationsbeginn)	
2.Gabe (Schosserdüngung) EC 30/32	60 – 90	
3.Gabe (Spätdüngung) EC 47/51	50 – 80*	
<ul style="list-style-type: none"> • niedrigere N-Menge auf besseren Böden und bei gutem N – Nachlieferungsvermögen (Gülle) bzw. auf Böden mit niedrigerer Ertragserwartung (< 50 Bodenpunkte) • Weizen nach Weizen: i.d.R. höhere N-Menge erforderlich, ev. Herbst-N 30-40 kg/ha * zu Qualitätsweizen: Spätdüngung von 80 kg N/ha in 2 Gaben teilen 		
Wachstumsregler (l/ha)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Termin: Bestockung EC 30 / 31 2. Termin : Beginn Schossen EC 31 / 32 3.Termin: EC 37-39 Schosspphase 	<p>standfeste Sorten: 1,0–1,2 l/ha CCC + 0,1 – 0,15 l/ha Moddus</p> <p>lageranfällige Sorten: 1,5 l/ha CCC + 0,2 l/ha Moddus</p> <p>alle Sorten: 0,5 – 0,75 l/ha CCC + 0,2 Moddus</p> <p>lageranfällige Sorten: 0,25 – 0,5 l/ha Camposan Extra</p>
Beizung	<ul style="list-style-type: none"> • Schwarzbeinigkeit: Wurzelschutzbeize in Weizen n. Weizen nur auf Standorten mit < 50 Bodenpunkten zur Risikoabsicherung empfohlen 	
Fungizide	<ul style="list-style-type: none"> • i. d. R. sind eine Blattbehandlung (EC 32/37/39) gegen Mehltau und Septoria und eine späte Blatt / frühe Ährenbehandlung (EC 49/51/55) gegen Gelbrost, Braunrost und Ährenkrankheiten nötig. • Halmbruch: nur bei Erreichen der Bekämpfungsschwelle empfohlen. • Hinweise des Pflanzenschutz-Warndienstes beachten! 	
Insektizide	<ul style="list-style-type: none"> • Zur Beizung bzw. zur Herbstbehandlung mit Insektiziden (Blattlausbefall) • Hinweise des Pflanzenschutz-Warndienstes beachten! 	

Triticale

Hinweise zur Anbautechnik

- Optimale Saattermine liegen für Triticale zwischen dem 20. September und etwa dem 5. Oktober.
- Auf den Standorten des Östlichen Hügellandes sind Saatmengen von 200 bis 250 keimfähigen Körnern je m² für einen sicheren Ertrag ausreichend. Erst mit 150 keimfähigen Körnern kommt es zu einem messbaren Ertragsabfall von 2 bis 7 %.
- Für frühe Aussaaten mit höherer Bestockungsleistung können deshalb 180 keimfähige Körner als Richtwert gewählt werden, für Spätsaaten sollten 230 keimfähige Körner je m² ausgedrillt werden.
- Auf Geeststandorten waren bei früher Aussaat (bis 20.9.) 120 bis 150 keimfähige Körner je m² ausreichend. Aber auch hier sollten aus Gründen der Ertragssicherheit über die Jahre unter nicht voraussehbaren Witterungsbedingungen 180 bis 200 keimfähige Körner je m² als Richtwert für die Aussaat gewählt werden.
- Überzogene Saatmengen sind wegen der höheren Lagergefahr zu vermeiden. Lager bei Triticale führt in ungünstigen Jahren auch zur hohen Belastung mit Fusariumtoxinen.

Winterroggen

Hinweise zur Anbautechnik

- Als Saatmengen sind für die Hybridsorten zu normalen Saatterminen (2. Septemberdekade bis Anfang Oktober) 180 bis 220 keimfähige Körner je m² (Zielpflanzenzahl) zu empfehlen.
- Spätsaaten und schwierige Saatbettbedingungen erfordern einen Saatmengen-zuschlag von 10 bis maximal 15 %. Extreme Frühsaaten (erste Septemberdekade) vertragen Saatmengen, die bei 100 bis 120 keimfähigen Körnern je m² liegen.
- Extreme Dünnsaaten sollten vermieden werden, da damit das Bestäubungs-verhalten in den Beständen eher schlechter wird, und zusätzlich die Gefahr von Zwiewuchs besteht. Beides kann, je nach Jahreswitterungsverlauf, den Mutterkorn-besatz fördern.
- Roggen ist in der Ablagetiefe flach – etwa 1,5 bis 2 cm – zu drillen.

Wintergerste – Anbautechnik													
Bodenansprüche	<ul style="list-style-type: none"> lockere, kalkreiche Lehmböden; Sandböden ab 30 Bodenpunkte weniger anspruchsvoll im Vergleich zu Winterweizen 												
pH-Wert	<ul style="list-style-type: none"> standortoptimal, i.d.R. 6,5 – 7,0 												
Fruchtfolge	<ul style="list-style-type: none"> steht i.d.R. nach Winterweizen geeignete Getreidevorfrucht: Weizen, Triticale, Hafer als Getreidevorfrucht bedingt geeignet: Roggen als Blattfruchtvorfrucht gut geeignet: Erbsen 												
Saatzeit	<ul style="list-style-type: none"> Marsch: 5. – 15. September Östl. Hügelland, Geest: 15. September – 5. Oktober 												
Saatbett, -tiefe	<ul style="list-style-type: none"> Saatbett unten fest, oben locker, feinkrümelig Saattiefe: 2-4 cm 												
Saatmenge	<ul style="list-style-type: none"> mehrzeilig: (180) 220 – 280 (320) keimfähige Körner/m² (je nach Saatzeit und Bodenbedingungen) zweizeilig: 230 – 310 (350) keimfähige Körner/m² (ie nach Saatzeit und Bodenbedingungen) frühe Aussaat/gute Bodenbedingungen: niedrige Saatmenge späte Aussaat/ungünstige Bodenbedingungen: hohe Saatmenge 												
	<p>Berechnung der Saatmenge:</p> <p>Saatmenge in kg/ha = $\frac{\text{keimfähige Körner/m}^2 \times \text{Tausendkorngewicht (g)}}{\text{Keimfähigkeit (\%)} \times \text{erwarteter Felddaufgang (\%)}}$</p>												
Stickstoffdüngung	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Entwicklungsstadium Termin</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">Menge in kg N/ha</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1. Gabe (Vegetationsbeginn)</td> <td style="text-align: center;">50 – 70</td> <td style="text-align: center;">70 – 90</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2. Gabe (Schosserdüngung) EC 30/32</td> <td style="text-align: center;">70 – 90</td> <td style="text-align: center;">90 – 110</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3. Gabe (Spätdüngung) EC 37/39</td> <td style="text-align: center;">50 – 60</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> </tbody> </table>	Entwicklungsstadium Termin	Menge in kg N/ha		1. Gabe (Vegetationsbeginn)	50 – 70	70 – 90	2. Gabe (Schosserdüngung) EC 30/32	70 – 90	90 – 110	3. Gabe (Spätdüngung) EC 37/39	50 – 60	-
	Entwicklungsstadium Termin	Menge in kg N/ha											
1. Gabe (Vegetationsbeginn)	50 – 70	70 – 90											
2. Gabe (Schosserdüngung) EC 30/32	70 – 90	90 – 110											
3. Gabe (Spätdüngung) EC 37/39	50 – 60	-											
<ul style="list-style-type: none"> niedrigere N-Menge bei besseren Böden mit gutem N-Nachlieferungsvermögen und bei Gülleinsatz im Betrieb bzw. auf leichten Böden mit niedriger Ertragserswartung 													
Wachstumregler (l/ha)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Beginn Schossen EC 31/32</td> <td style="text-align: center;">0,75 Medax Top + 0,5 Turbo oder 0,2 Moddus + 0,3 Camposan</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Mitte/Ende Schossen EC 37/39</td> <td style="text-align: center;">0,75 Medax TOP + 0,5 Turbo + 0,2 Camposan oder 0,2 Moddus + 0,3 Camposan</td> </tr> </tbody> </table>	Beginn Schossen EC 31/32	0,75 Medax Top + 0,5 Turbo oder 0,2 Moddus + 0,3 Camposan	Mitte/Ende Schossen EC 37/39	0,75 Medax TOP + 0,5 Turbo + 0,2 Camposan oder 0,2 Moddus + 0,3 Camposan								
Beginn Schossen EC 31/32	0,75 Medax Top + 0,5 Turbo oder 0,2 Moddus + 0,3 Camposan												
Mitte/Ende Schossen EC 37/39	0,75 Medax TOP + 0,5 Turbo + 0,2 Camposan oder 0,2 Moddus + 0,3 Camposan												
Fungizide	<ul style="list-style-type: none"> i. d. R. sind eine Blattbehandlung (EC 32/37/39) gegen Mehltau, Rhynchosporium, Netzflecken und eine späte Blatt / frühe Ährenbehandlung (EC 47/49/51) gegen Netzflecken, Zwergrost und Ährenkrankheiten nötig und waren in der Mehrzahl der Jahre und Standorte wirtschaftlich. Thyphula: bei anfälligen Sorten und in Befallslagen ist entsprechend wirksam zu beizen. Hinweise des Pflanzenschutz-Warndienstes beachten! 												
Insektizide	<ul style="list-style-type: none"> Zur Beizung bzw. zur Herbstbehandlung mit Insektiziden (Blattlausbefall) Hinweise des Pflanzenschutz-Warndienstes beachten! 												

Hafer –		
Bodenansprüc	gedeiht bei ausreichender Wasserversorgung auf (ab 30	
pH –	Optimum: 6,0 – 6,5 (Boden kann leicht sauer bis	
Fruchtfolg	gut nach Blattfruchtvorfrüchten (Kartoffeln, Zuckerrüben, Getreidearten am besten als Vorfrucht für nicht nach sich selbst stellen gut geeignet nach	
Saatzei	März, so früh als	
Saattief	3 – max. 5 cm (nicht zu	
Saatstärk	280 – 380 (420) keimfähige Körner/m ² (je nach Saatzeit bedingunge Berechnung der $\text{Saatmenge in } \frac{\text{keimfähige}^2 \times \text{Tausendkorngewicht}}{\text{Keimfähigkeit (\%) x erwarteter}}$	
	Entwicklungsstad Termi	Menge in kg
Stickstoffdüngung	1. Gabe (zur 2. Gabe* EC	60 – 30 –
<p>* Auf Standorten, die zu Vorsommertrockenheit und unsicherer N-Menge in einer Gabe (i. d. Regel 80 – 120 kg/ha) zur Saat zu Zwiewuchsneigung des Hafers auf solchen Standorten zu</p> <ul style="list-style-type: none"> • Höhe der N-Düngung an die Ertragserwartung des • niedrige Menge: geringere Standorte mit niedriger • höhere Menge: gute Standorte mit hoher Ertragserwartung 		
Wachstumsregler*	Spitzen des EC 32/	1,0 – (1,5) CCC + 0,2
<p>* Mit Vermarktungspartner abklären, ob bei Hafer zu von CCC erlaubt Niedrige Menge bei geringem Lagerdruck und</p>		
Fungizid	<ul style="list-style-type: none"> • In der Regel kein • In Befallsjahren auf Mehлтаubefall • <u>Hinweise des Pflanzenschutz-Warndienstes</u> 	
Insektizide	Auf Befall mit Blattläusen achten – eine Behandlung mit entsprechendem Befall in der Mehrzahl der Jahre Hinweise des Pflanzenschutz-Warndienstes	

Sommergerste – Anbautechnik			
Bodenansprüche	• Braugerste: bessere Geeststandorte, ohne hohe N-Nachlieferung		
	• Futtergerste: keine besonderen Ansprüche, gut auf Lehm, sandigem Lehm		
pH-Wert	<ul style="list-style-type: none"> • standortoptimal: 6,5 – 7,0 (bessere Böden), 5,5 – 6,0 (leichtere Böden) • bei stark im sauren Bereich liegenden pH-Werten ist Kalkung in der Fruchtfolge vor Sommergerste sinnvoll 		
Fruchtfolge	<ul style="list-style-type: none"> • gut nach Blattfruchtvorfrüchten (Kartoffeln, Zuckerrüben) • nach Getreide: i.d.R. Weizen als Vorfrucht • nicht nach Hafer (Nematoden) • Braugerste: nicht nach stark stickstoffliefernden Vorfrüchten 		
Saatzeit	März, so früh als möglich, in ein ausreichend abgetrocknetes Saatbett		
Saattiefe	2 – 4 cm (besser: 2 – 3 cm, flach)		
Saatmenge	<ul style="list-style-type: none"> • 280 – 450 keimfähige Körner / m² (je nach Saatzeit und Bodenbedingungen) 		
	Berechnung der Saatmenge: $\text{Saatmenge in kg/ha} = \frac{\text{keimfähige Körner/m}^2 \times \text{Tausendkomgewicht (g)}}{\text{Keimfähigkeit (\%)} \times \text{erwarteter Feldaufgang (\%)}}$		
	Entwicklungsstadium Termin	Braugerste	Futtergerste
Stickstoffdüngung (kg N/ha)	1. Gabe (zur Saat)	50 – 80*	80 – 90
	2. Gabe (Schosserdüngung) EC 30/32	-	30 – 40
* niedrigere N-Menge bei besseren Böden mit gutem N – Nachlieferungsvermögen, keine weitere N-Düngung um niedrigen Eiweißgehalt der Braugerste zu erreichen.			
Wachstumsregler (l/ha)	Beginn Schossen EC (30) / 32 / (37)	ohne (bei Bedarf: 0,3 Medax Top + 0,3 Turbo)	0,5 Medax Top + 0,5 Turbo
Niedrige Menge bei geringem Lagerdruck und standfesteren Sorten.			
Fungizide	<ul style="list-style-type: none"> • In der Regel sind eine Blattbehandlung EC (32/37/39) gegen Mehltau, Rhynchosporium, Netzflecken und eine späte Blatt/frühe Ährenbehandlung (EC 49/55) gegen Netzflecken, Zwergrost nötig und in der Mehrzahl der Jahre wirtschaftlich. • Hinweise des Pflanzenschutz-Warndienstes beachten! 		
Insektizide	Auf Befall mit Getreidehähnchen (bes. in trockenen Jahren) und Blattläusen achten. Hinweise des Pflanzenschutz-Warndienstes beachten!		

3.5 Sortenempfehlungen für GPS-Nutzung

Robuste, gesunde und kurzstrohige Sorten eignen sich bevorzugt zur GPS-Nutzung. Aufgrund des züchterischen Fortschritts und der regionalen, standortbezogenen Sortenempfehlungen sei hier auf die Ergebnisse der Landessortenversuche der Länderdienststellen verwiesen.

3.6 Großkörnige Leguminosen (Erbsen, Bohnen, Lupinen)

Großkörnige Leguminosen wie Erbsen, Lupinen und Ackerbohnen können als Ganzpflanzen alleine oder in Kombination mit Getreide siliert werden und stellen eine wertvolle Eiweißquelle dar. Ertrag, Qualität und Energiedichte hängen vom Anteil an Hülsen bzw. Körner und dem Reifestadium bei der Ernte ab.

Hohe Erträge und eine gute Silierfähigkeit werden im Stadium der ‚Teigreife‘ erreicht. Danach sinken die Energiedichten aufgrund einer abnehmenden Verdaulichkeit ab.

Mit welchen Rohprotein- und Energiegehalten für die einzelnen Leguminosenarten gerechnet werden kann, zeigt Tab. 6. Gemäß den hier aufgeführten Zahlen aus der DLG-Futterwerttabelle werden Rohproteinwerte von 170–190 g/kg TM und Energiegehalte von 5,2–5,8 MJ NEL/kg TM angegeben.

Tab. 6: Futterwert von großkörnigen Leguminosenganzpflanzensilagen (DLG-Futterwerttabelle, 1997)

Futtermittel	Anzahl VV *	TM-Gehalt	Rohnährstoffe				Verdaulichkeit d. OM	Energiekonzentration in vivo
			XF	XP	XL	XA		
		g/kg	g/kg TM _{kor.}				%	MJ NEL/kg TM
Ackerbohne	2	300	302	180	23	81	68,0	5,8
Erbsen	3	350	260	169	38	153	66,0	5,2

* VV–in vivo

Diese Durchschnittswerte können aber auch erheblichen Schwankungen unterliegen. Nach HERTWIG (2006) zeigen Untersuchungsergebnisse aus dem Raum Brandenburg deutlich geringere Rohproteingehalte, aber auch wesentlich höhere Energiekonzentrationen aus (Tab. 7). Von den untersuchten Leguminosen erreichten die Erbsensilagen mit im Mittel 6,1 MJ NEL/kg TM die höchste Energiekonzentration, die der Lupinen- und Sojabohnensilagen lagen im Mittel bei ca. 5,5 MJ NEL/kg TM.

Tab. 7: Futterwert von großkörnigen Leguminosenganzpflanzensilagen (HERTWIG, 2006)

Futtermittel	Anzahl VV *	TM-Gehalt	Rohnährstoffe				Verdaulichkeit d. OM	Energiekonzentration in vivo
			XF	XP	XL	XA		
		g/kg	g/kg TM _{kor.}				%	MJ NEL/kg TM
Erbsen	14	282	278	145	18	79	73,0	6,1
Lupine	3	355	384	145	17	72	67,0	5,5
Sojabohne	5	261	280	100	39	101	67,8	5,5

* VV = in vivo

Standort- und witterungsbedingte Bedingungen beeinflussen offenbar die Hülseausbildung im erheblichen Maße. Hochwertige und ertragreiche Silagen können dann erzielt werden, wenn während der Hülsebildung und –abreife eine ausreichende Wasserversorgung gesichert ist. Der optimale Erntetermin lag bei diesen Untersuchungen im Stadium beginnender Frucht- und Samenreife (BBCH-Skala 79–81). Mit fortschreitender Abreife der Pflanzen sanken der Energiegehalt und die Verdaulichkeit wieder.

Ganzpflanzen von großkörnigen Leguminosen (Lupinen, Erbsen, Ackerbohnen) enthalten in der Entwicklungsphase „Ende Milchreife/Teigreife“ relativ viele leicht lösliche Kohlenhydrate und sind deshalb als leicht bzw. mittel vergärbare einzustufen (Tab. 8). Anzustreben ist dabei ein Trockensubstanzgehalt von über 28 %, um Gärstoff zu vermeiden.

Tab. 8: Vergärbarkeit von Getreideganzpflanzen und großkörnigen Leguminosen (nach JEROCH, FLACHOWSKY, WEISSBACH, 1993)

Futtermittel	Reifestadium	Z/PK ¹⁾	VK ²⁾	TM_{min} (%)
Wintergerste	Ende Milchreife/ Beginn Teigreife	3 – 5	60 – 80	20 – 25
Winterweizen	Ende Milchreife/ Beginn Teigreife	3 – 4	60 – 70	20 – 25
Gelbe Süßlupine	Hülseansatz	2,5	37	25
Futtererbse	Hülseansatz	3,6	47	16
Ackerbohne	Beginn Teigreife	3,2	51	19

¹⁾ Quotient aus Zuckergehalt und Pufferkapazität ²⁾ Vergärbarkeitskoeffizient

Trotz der guten Vergärbarkeitseigenschaften sind die Silagen oftmals durch gewisse Buttersäurekonzentrationen gekennzeichnet. Diese sind Folge eines zu geringen Nitratgehaltes. Da sich die Pflanzen zum Erntezeitpunkt in der generativen Phase bzw. im Abreifeprozess befinden, erfolgt keine Nährstoffaufnahme mehr. Dies begründet auch die geringen Nitratgehalte. Vor diesem Hintergrund ist der Einsatz von DLG-geprüften Siliermitteln in der Wirkungsrichtung 1b oder 1c zu empfehlen.

Die Futterernte und Silierung von großkörnigen Leguminosen kann in zwei Varianten erfolgen:

1. Die Ernte der Leguminosenbestände erfolgt direkt mit dem Häcksler. Eine separate Schwadablage wird hierbei nicht praktiziert. Das Grünfutter wird nach der Zerkleinerung durch den Häcksler mit Transportmaschinen zum Silo gebracht, dort verdichtet, abgedeckt und siliert. Aus vorliegenden Praxisbefragungen wird dabei eine Häcksellänge von 10–15 mm empfohlen. Diese Verfahrensweise ist

vor allem für die Ernte von Futtererbsen üblich, da die Bestände zum Erntezeitpunkt bereits bodennah lagern. Aber auch bei stärker abgereiften Lupinen-, Acker- oder Sojabohnenbeständen wird auf eine Schwadablage verzichtet, um Verluste weiter einzuschränken.

2. Das Futter wird zuerst gemäht und auf Schwad gelegt. Eine gewisse Trocknung kann damit unter Schönwetterbedingungen aufgrund der Feldliegezeit noch erfolgen. Im Anschluss daran wird das Futter mit dem Häcksler oder Ladewagen geerntet, zerkleinert und siliert.

3.7 GPS im Ökologischen Landbau

Versuchsergebnisse der Landwirtschaftskammer Schleswig Holstein
(THAYSEN et al. 2004)

Anfang der 90er Jahre stieg in der Praxis und Beratung das Interesse am Ökologischen Landbau generell und speziell am Ökologischen Futterbau. Die Landwirtschaftskammer hatte bereits in den 60er Jahren und intensiver ab Mitte der 80er Jahre auf ihren Versuchsfeldern in Wulfshagen und Schuby Futterbaufragen bearbeitet. Mit der Anlage eines Exaktversuchsfeldes für Grünland/Futterbau nach den Richtlinien der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau (AGÖL) sollten nun abgesicherte Ergebnisse zu Fragestellungen im Ökologischen Futterbau ohne synthetische Düngemittel und allopathische Pflanzenschutzmittel erzielt werden. Dabei wurden folgende Ziele und Fragestellungen bearbeitet:

- a) Erprobung von Futterbauarten und –mischungen innerhalb einer 6-gliedrigen Fruchtfolge
- b) Untersuchungen zur Ertragshöhe und –struktur, Konservierungseignung, Gärqualität und Futterwert der Fruchtfolgeglieder

Im angegebenen Zeitraum hatten sich die Nutzung, die Verwertungsrichtungen und die Ansprüche des ökologisch wirtschaftenden Milchviehfutterbaubetriebes aufgrund gesteigerter Einzeltierleistung stark verändert. Dieser Entwicklung mit der Nutzung in Form von ausschließlich Silage sollte Rechnung getragen werden, indem nicht nur die pflanzenbaulichen Fragen der Produktion von Futterbaupflanzen untersucht, sondern auch die Siliereignungen, die Gärqualitäten und die Futterwerte der Silagen erprobt wurden. Auch wurde die Sicherung und Verbesserung der Silage durch im Ökologischen Landbau zugelassenen Silierzusätze geprüft, sowie die allgemeine Siliertechnik insbesondere des Kleegrases untersucht.

3.7.1 Exaktversuch 1995-2001 in Mildstedt

Am Versuchstandort Mildstedt der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein wurde 1993 ein Dauergrünlandteilstück ausgewählt, das für den Exaktversuch mit den 6 Fruchtfolgegliedern ab 1995 bis 2001 diente. Um die Versuche im Ökologischen Futterbau nicht zu beeinflussen, wurde das die Exaktversuchsflächen umgebende Dauergrünland ebenfalls ökologisch bewirtschaftet.

Die **Standort- und Klimabedingungen** des Versuchsfeldes auf einem für Schleswig-Holstein typischen Geeststandort sind wie folgt zu charakterisieren:

- Höhe: 10 mNN
- Mittlere Jahrestemperatur: 8°C
- Mittlerer Jahresniederschlag: 800 mm
- Boden: lehmiger Sand
- Humusanteil: 2 %
- Tonanteil: 5 %
- Bodenpunkte: 32

Die Versuchsfläche wurde in fünf Blöcke untergliedert, die nach und nach in die Fruchtfolge integriert wurden.

- Fruchtfolgeglieder:**
- A.** Sommergetreide/Erbsen-Ganzpflanzensilage:
Sommergetreidearten (Gerste, Hafer und Weizen) + Erbsen
Kleegrasuntersaat
 - B.** Kleegras: Untersaat aus dem Vorjahr (einjährige Nutzung)
verschiedene Mischungen
 - C.** Wintergetreide-Ganzpflanzensilage
Wintergetreidearten (Weizen, Gerste, Roggen, Triticale)
Kleegrasuntersaat
 - D.** Kleegras: Blankansaat (zweijährige Nutzung seit 1998)
verschiedene Mischungen (auch Luzerne)
 - E.** Silomais: verschiedene Sorten; Bestandesführung

Tab. 9: Fruchtfolgeplan: Nutzung der verschiedenen Teilflächen (Blöcke) mit den aufgeführten Futterbauarten

Block	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
A1	Grünland	W-Getreide	Kleegras	Kleegras	Silomais	So-GPS	Kleegras-
B1		GPS	Blanksaat	Blanksaat			Untersaat
A2	Grünland	Kleegras	Silomais	S-Getreide	Kleegras	W-Getreide	Kleegras
B2		Blanksaat		GPS	Untersaat	GPS	Blanksaat
A3	Grünland	Silomais	S-Getreide	Kleegras	W-Getreide	Kleegras	Kleegras
B3			GPS	Unters.	GPS	Blank 1.HNJ*	Blank 2.HNJ*
A4	Silomais	S-Getreide	Kleegras	W-Getreide	Kleegras	Kleegras	Silomais
B4		GPS	Untersaat	GPS	Blanksaat	Blank 2.HNJ*	
A5	S-Getreide	Kleegras	W-Getreide	Silomais	S-Getreide	Kleegras-	W-Getreide
B5	GPS	Untersaat	GPS		GPS	Untersaat	GPS
A6						Silomais	So-GPS

* HNJ =
Haupt-
Nutzungs-
Jahr

Versuchsdurchführung

Die Ansaaten der Bestände erfolgten zu den pflanzenbaulich optimalen Terminen mit den fruchtartspezifischen Saatgutmengen. Die Pflege der Bestände wurde sowohl im Vor- als auch im Nachauflauf mit mechanischen Geräten (Striegel, Gänsefußschar und Hacken) durchgeführt. Die Düngung mit Wirtschaftsdüngern erfolgte aus einem benachbarten ökologisch wirtschaftenden Betrieb; die mineralische Ergänzungsdüngung wurde nach Boden- und Pflanzenuntersuchung nur mit zugelassenen Düngern vorgenommen. Jedes Fruchtfolgeglied wurde 1- bis 4-mal pro Jahr zum jeweils optimalen Erntetermin aus quantitativer und qualitativer Sicht beerntet.

Die Trockenmasseerträge wurden mit dem Futterpflanzenvollernter und anschließender Trocknung der Grünproben im Trockenschrank bei 60–105 °C ermittelt. Sämtliche Inhaltsstoffe des Ausgangsmaterials und der Silagen wurden nach standardisierten LUFA-Methoden bzw. mittels der NIRS-Infrarotanalyse des Lehrstuhls für Grünland/Futterbau der CAU Kiel untersucht. Auch die Boden- und weiteren Pflanzenanalysen wurden nach standardisierten LUFA-Methoden durchgeführt.

3.7.2 Ergebnisse – Sommergetreide/Erbsen-Ganzpflanzensilage

Da der Körnerleguminosenanteil (Erbsen) einen Teil des Stickstoffes liefert und Sommergerste/Erbsen-GPS ein Ertragsgarant darstellt, ist dieses Fruchtfolgeglied für eine Futterbaufruchtfolge unerlässlich.

Sommergerste/Erbsen-GPS ist ein ertragssicheres Grundfutter mit einem Energiegehalt von 5,7 MJ NEL bei einem Rohproteingehalt von 11 % TM. Bei Aussaatstärken von 100 Körner/m² Gerste und 50 Körner/m² Erbsen können inklusive der Untersaat über 90 dt TM/ha Jahresertrag erzielt werden (Abb. 5 / 6).

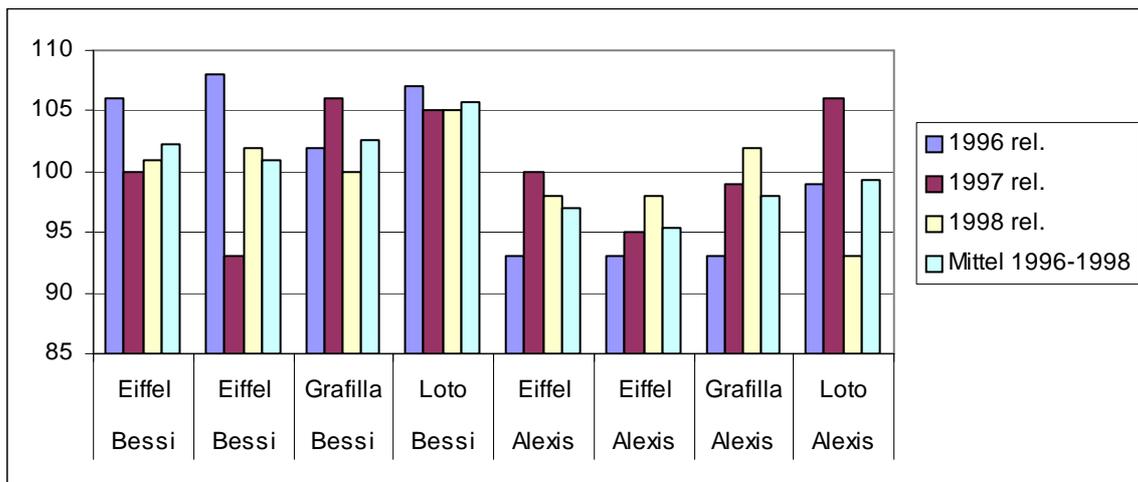


Abb. 5: Trockenmasseerträge (92,3 dt TM/ha = rel. 100) von 2 Sommergerstensorten (Saatstärke 150 Körner/m²) in Kombination mit 3 Erbsensorten (Saatstärke 25-40 Körner/m²) der Jahre 1996-98

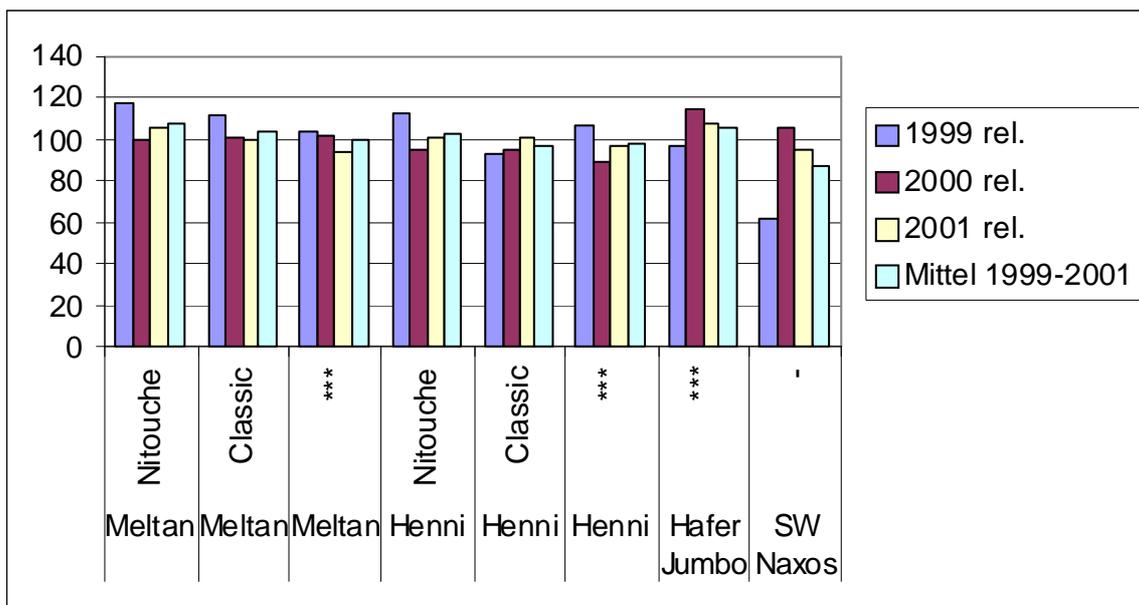


Abb. 6: Trockenmasseerträge (93,7 dt TM/ha = rel. 100) von 2 Sommergerstensorten, 1 Sorte Hafer und Sommerweizen (Saatstärke 150 Körner/m²) in Kombination mit 5 Erbsensorten (Saatstärke 25-40 Körner/m²) der Jahre 1999-2001

Der mittlere Erbsenanteil aller geprüften Sorten betrug ca. 50 % am Gesamttrockenmasseertrag. Dank ihrer guten Konservierungseignung führt Sommergerste/Erbsen-GPS, in der beginnenden Teigreife geerntet, zu einer Silage mit einer guten Gärqualität.

Der Anbau von Sommerweizen oder Hafer in Kombination mit Erbsen brachte weder ertragliche noch qualitative Vorteile.

Sowohl die geprüften Getreide- und Erbsensorten als auch die produktionstechnischen Erfahrungen mit der Untersaat lassen abgesicherte Empfehlungen zu. Da die Unterschiede zwischen den geprüften Sorten- und Artenkombinationen innerhalb eines Jahres relativ gering waren, sollten bezüglich der Sortenwahl auf die aktuellen Ergebnisse der Landessortenversuche unter besonderer Berücksichtigung der Krankheitsanfälligkeit und weniger der Standfestigkeit der Sorten geachtet werden.

Bei der Silierung ergeben sich dann keine besonderen Anforderungen, wenn der Erbsenanteil 60 % am Gesamttrockenmasseertrag nicht überschreitet und wenn der TM-Gehalt des Ausgangsmaterials nicht unter die kritische Gärstoffgrenze von 30 % TM abfällt. Im Falle einer Sommergerste/Erbsen-GPS mit einem Erbsenanteil > 60 % ist die Sicherung der Gärqualität dieser schwer silierbaren Futterart nur mit Hilfe geeigneter Silierzusätze für diesen Anwendungsbereich zu garantieren.

Da die Energiebewertung auf Basis der Rohfasergehalte ohne Berücksichtigung der Stärke- und Proteingehalte erfolgt, liegt nur ein mittleres Qualitätsniveau bezüglich des Futterwertes vor. Hinweise aus der Praxis nach der Verfütterung von Sommergerste/Erbsensilagen lassen jedoch den Schluss zu, dass ein höherer Energiegehalt vorliegt, der mit einem mittleren Energiegehalt von 6,0 MJ NEL/kg TM geschätzt wird. Somit lässt sich eine Sommergerste/Erbsensilage sowohl in mittleren Rationen als auch hinsichtlich des Proteinlieferungsvermögens in Hochleistungsrationen für Milchkühe erfolgreich einsetzen.

Ziel- und Ist-Werte von Futterwert und Gärqualität SG/Erbsen-GPS

Merkmal	Einheit	Ziel	Ist
TM	%	30	28
Rohfaser	% TM	<25	26
Rohprotein	% TM	>10	10
Stärke	% TM	>12	11
Zucker	% TM	>2	2,0
Verdaulichkeit der OM	% TM	>65	65
Energiedichte	MJ NEL/kg TM	>6,0	5,7
Energieertrag	GJ NEL/ha	>50	53
pH-Wert		< 4,0	4,1
Milchsäure	% TM	> 6	6
Essigsäure	% TM	1-2	2,6
Buttersäure	% TM	< 0,5	0,2
NH ₃ -N	% Gesamt-N	< 8	10
DLG Punkte	(0-100)	> 80	85
Gärverluste	% TM	< 5	4
Aerobe Stabilität	Tage	Min. 3	Min. 3 ^{*)}

*) bei ausreichend kleiner Exakthäckselung, genügend guter Verdichtung und bei angepasstem Entnahmevorschub

Fazit

Von den Sommergetreidearten hat sich die Sommergerste in Kombination mit Erbsen bewährt. Bei relativ stabilen Erträgen wird eine Silage mit einer guten Gärqualität, aber nur mittlerem Energiegehalt bei ausreichenden Rohproteingehalten erreicht. Neuere Sorten der Futtererbse weisen gegenüber älteren Typen höhere Stärkegehalte auf. Da jedoch die Energiebewertung ausschließlich auf Basis der Rohfasergehalte erfolgt, kommen die Stärkegehalte bei der Futterbewertung nicht zum Tragen. Aufgrund der Ertragssicherheit und der futterwertbestimmenden Merkmale ist diese Grobfutterart in der ökologischen Rindviehfütterung im mittleren und höheren Leistungsbereich unersetzlich.

Hinsichtlich der Produktionstechnik muss bei der Wahl der Sorten auf Standfestigkeit und hygienische Robustheit geachtet werden. Bei getrennter Aussaat im Frühjahr mit 100/m² Körner Sommergerste und 50/m² Körnern Erbsen entstehen Bestände, die in der beginnenden Teigreife der hauptbestandsbildenden Art geerntet hinreichend abgereift sind, dass eine Häckselung aus dem Stand möglich ist. Liegt allerdings der Erbsenanteil wesentlich höher als 60 %, muss das Gemenge vor der Häckselung in den Schwad zwischengelagert werden.

3.7.3 Ergebnisse – Wintergetreide-Ganzpflanzensilage

Die Beerntung in der Mitte der Teigreife wurde gemäß der unterschiedlichen Abreife der Getreidearten in der Reihenfolge Wintergerste – Winterroggen – Triticale – Winterweizen vorgenommen.

TM-Ertrag

Wintergetreide-GPS ist ein Grundfutter mit einer relativ guten Ertragsstabilität bei niedrigen Rohproteingehalten und einer je nach Art und Sorte mittleren bis hohen Energiedichte.

Ertraglich vorne liegen die Triticale- und Winterroggensorten mit 80–100 dt TM/ha, gefolgt von Wintergerste und –weizen. Qualitativ besser schneiden jedoch die Winterweizensorten ab.

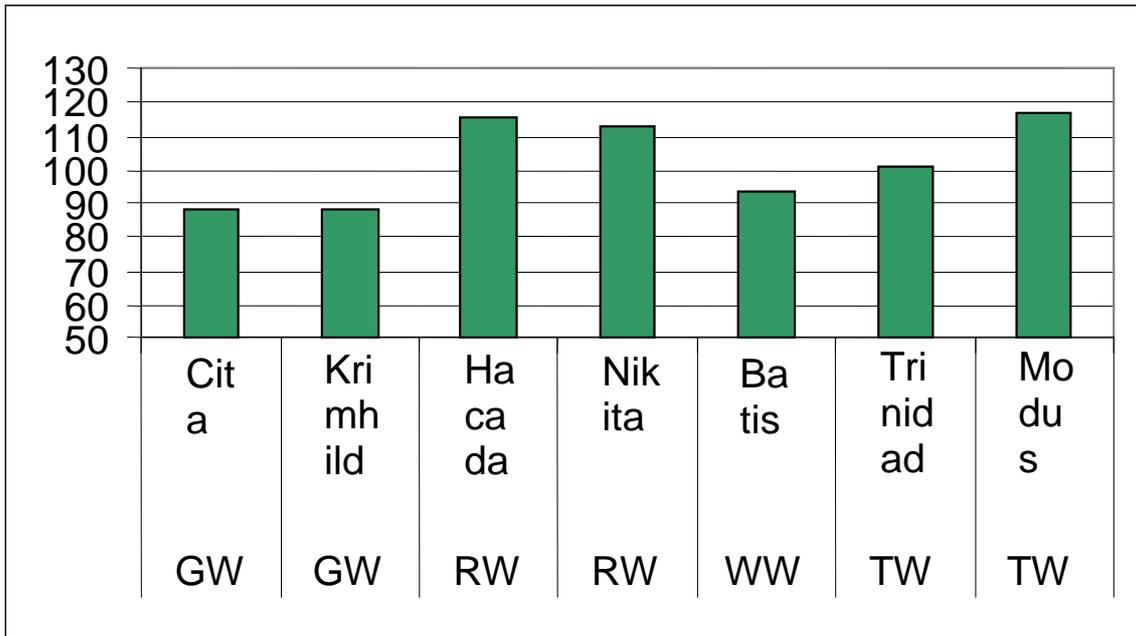


Abb. 7: Trockenmasseerträge (86,3 dt TM/ha = rel. 100) von 4 Wintergetreidearten der Jahre 1997-2001

Daher ist die Getreideart für den Anbau von Wintergetreide-GPS je nach Standortbedingungen und Verwertungsrichtungen zu wählen. Liegen bessere Standortbedingungen vor, so sind, bedingt durch höhere Verdaulichkeiten und höhere Stärkegehalte, die Triticale bzw. der Winterweizen überlegen.

Sowohl die geprüften Getreidesorten als auch die produktionstechnischen Erfahrungen mit der Untersaat lassen abgesicherte Empfehlungen zu. Die geprüften Sorten- und Artenkombinationen innerhalb eines Jahres unterschieden sich nur gering. Daher sollte bezüglich der Sortenwahl auf die aktuellen Ergebnisse der Landessortenversuche unter besonderer Berücksichtigung der Krankheitsanfälligkeit und weniger der Standfestigkeit der Sorten geachtet werden.

Siliereignung

Bei einem mittleren TM-Gehalt von 40 % im Ausgangsmaterial (Tab. 10) und den weiteren Kenngrößen der Siliereignung ist insgesamt eine gute Silierbarkeit gegeben, wobei die von Roggen und Gerste deutlich besser waren als bei Triticale und Weizen. Die Zuckergehalte reichten für eine qualitativ gute Siliereignung bei allen Arten mit 10 % TM aus. Aufgrund der sehr niedrigen Rohproteinwerte von durchschnittlich 6 % TM und mittleren Pufferkapazitäten von 4 g Milchsäure/kg TM lag eine sehr gute Siliereignung bezüglich der chemischen Eigenschaften vor. Der Vergärbarkeitskoeffizient lag im Durchschnitt bei 69.

Tab. 10: Ausgangsmaterial Wintergetreide-GPS 1997-2001

Sorte/Art	Jahr	TM %	Roh- protein % TM	Zucker % TM	Nitrat mg/kg TM	PK ¹⁾ g Milch- säure/100 g TM	Z/PK ²⁾	VK ³⁾
WG, Durchschnitt		40,8	5,3	8,4	43	2,0	4,2	75
Cita	99	42,7	5,5	5,4	39	2,0	2,7	64
Hanna	97,98	36,8	4,7	12,4	56	2,2	5,8	83
Krimhild	97-99	42,9	5,7	7,3	35	1,9	4,2	77
WR, Durchschnitt		43,2	5,1	12,5	25	3,8	4,3	78
Hacada	98,99,01	42,8	5,3	11,7	33	3,4	4,7	81
Nikita	99,01	43,6	4,9	13,2	17	4,2	3,9	75
WW, Durchschnitt		39,6	6,1	13,5	32	6,4	3,0	64
Batis	98-01	41,5	5,7	12,6	46	3,6	4,9	80
Brandos	01	36,4	6,4	16,2	< 1	8,9	1,8	51
Cardos	99,01	40,9	6,3	11,6	19	6,7	2,5	61
TIW, Durchschnitt		38,0	6,1	9,2	30	3,9	3,1	62
Binova	97	34,7	6,2	6,9	12	2,0	3,5	62
Modus	97-01	39,9	6,5	10,7	61	4,4	3,2	66
Trinidad	99,01	39,5	5,5	9,9	17	5,3	2,5	60
Mittelwert		40,2	5,7	10,7	24	4,0	3,6	69
Standardabweichung		2,7	0,6	2,9	15,6	2,0	1,1	9,6

¹⁾ PK=Pufferkapazität

²⁾ Z/PK= Zucker/PK

³⁾ VK=Vergärbarkeitskoeffizient

Gärqualität

Die Wintergetreide-GPS-Bestände reifen im Bestand relativ zügig ab. Besonders die Wintergerste ist nutzungsunelastisch. Bei allen WG-GPS-Sorten ist leicht der optimale TM-Bereich zu überschreiten. Die Gärintensität sinkt mit zunehmendem TM-Gehalt, so dass insbesondere der niedrige Essigsäuregehalt für eine gärinstabile Silage sorgen kann. Insgesamt gibt es nur geringe Unterschiede zwischen den Arten und Sorten bei der Gärqualität.

Futterwertmerkmale

Außer den relativ niedrigen Rohproteingehalten werden alle Zielwerte des Futterwertes im Durchschnitt erreicht. Deutliche Unterschiede ergeben sich bei den Stärkegehalten und Verdaulichkeiten der organischen Masse. Winterweizen und Triticale weisen, gefolgt von Wintergerste und Winterroggen, die höchsten Gehalte auf. Demnach sind auch die Energiekonzentrationen in dieser Reihenfolge anzugeben.

Die niedrige Energiedichte des Roggens wird durch die höheren TM-Erträge kompensiert, so dass der Winterroggen gefolgt von der Triticale im Energieertrag im oberen Feld rangiert. Aufgrund der insgesamt niedrigen Energiedichte ist es auch hier wie beim Sommergersten-Erbsengemisch nicht möglich, eine GPS mit höherer Energiedichte zu produzieren und damit die Anforderungen von höheren Leistungsansprüchen, z.B. in der Hochleistungsmilchkuh-Fütterung zu erfüllen.

Ziel- und Ist-Werte von Futterwert und Gärqualität Wintergetreide-GPS

Merkmal	Einheit	Ziel	Ist
TM	%	35	41
Rohfaser	% TM	<25	26
Rohprotein	% TM	>10	6
Stärke	% TM	>20	20
Zucker	% TM	>2	2,0
Verdaulichkeit der OM	% TM	>65	59
Energiedichte	MJ NEL/kg TM	>6,0	5,6
Energieertrag	GJ NEL/ha	>50	47
pH-Wert		< 4,0	4,0
Milchsäure	% TM	> 6	3,8
Essigsäure	% TM	1-2	1,8
Buttersäure	% TM	< 0,5	0,4
NH ₃ -N	% Gesamt-N	< 8	8
DLG Punkte	(0-100)	> 80	87
Gärverluste	% TM	< 5	5,7
Aerobe Stabilität	Tage	Min. 3	Min 3 ^{*)}

*) bei ausreichend kleiner Exakthäcksellung, genügend guter Verdichtung und bei angepasstem Entnahmevorschub

Fazit

Die Eignung der Wintergetreidearten Gerste, Roggen, Triticale und Weizen für die Produktion von Ganzpflanzensilage im ökologischen Futterbau richtet sich in erster Linie nach den standörtlichen Gegebenheiten und der angestrebten Verwertungsrichtung in der Fütterung. Je besser der Standort und die Verwertungsansprüche sind, desto eher kommen die Arten Triticale und Weizen in Frage.

Da es zwischen den geprüften Arten und Sorten keine gerichteten Unterschiede in der Siliereignung und der Gärqualität gibt, sind alle Arten gleichermaßen gut geeignet. Deutliche Unterschiede ergeben sich jedoch hinsichtlich der Stärkegehalte mit folgender Reihenfolge: Weizen, Triticale, Gerste, Roggen. Da jedoch die Energiebewertung ausschließlich auf Basis der Rohfasergehalte erfolgt, kommen die Stärkegehalte bei der Futterbewertung nicht zum Tragen. Aufgrund der Ertragssicherheit und der futterwertbestimmenden Merkmale ist diese Grobfutterart in der ökologischen Rindviehfütterung nur für niedrige und mittlere Leistungsbereiche einsetzbar.

Hinsichtlich der Produktionstechnik muss bei der Wahl der Sorten auf Standfestigkeit und hygienische Robustheit geachtet werden. Ist eine Untersaat vorgesehen, sollte diese im Frühjahr in die etablierten Bestände ausgesät werden.

3.7.4 Gemengeanbau mit anderen Arten

Die Eigenschaften und Anforderungen von Gemengen gegenüber Reinsaaten sind wie folgt zu definieren:

- gleich hohe oder höhere Erträge im Vergleich zu den Reinsaaten
- bessere Ertragsstabilität
- bessere Ertragsqualität
- Nährstoffmobilisierung, Bereitstellung von Nährstoffen für einen Gemengepartner
- vollständigere Nutzung von verfügbaren Vegetationszeiträumen
- effizientere Nutzung der Wachstumsfaktoren Licht, Wasser und Nährstoffe in Raum und Zeit
- Erhöhung der Biodiversität
- Abwehr von Krankheiten und Schädlingen
- Kompensation biotischer und abiotischer Stressfaktoren
- Unkrautunterdrückung
- Minderung von Nährstoffverlusten über Bodenerosion oder Auswaschung
- Minderung der Lagergefahr durch Stützfruchtwirkung

Artengemenge aus Erbse, Gerste und Hafer

Im ökologischen Landbau haben Körnerfruchtgemenge eine geringere Bedeutung als die Gemenge im Futterbau. Sie nehmen durchschnittlich 5 % (2 bis 15 %) der gesamten Ackerbaufläche ein. In der Regel handelt es sich um ein Gemenge aus Erbse mit Sommergerste oder/und Hafer. In der Praxis wird zumeist dann der Hafer eingesetzt, wenn die Eigenschaften des Bodens einen Anbau von Sommergerste erschweren (leichte oder nasse Böden).

Standortansprüche:

- | | |
|---------------|---|
| Erbse: | optimal sandig-lehmige bis schluffig-lehmige Böden, pH-Wert 5 bis 7, keine staunassen, verdichteten Böden, spätsaatverträglich, ausreichend Wasser zur Keimung, Blüte sowie Hülsenfüllung |
| Sommergerste: | mittlere bis bessere Böden, gute Wasserführung |
| Hafer: | leichte bis mittlere Böden, gute Wasserversorgung |

Bei unterschiedlichen Standort- und Witterungsverhältnissen ist ein Gemenge aus Erbse und Getreide als besonders günstig zu bewerten, da tief und flach wurzelnde

Arten kombiniert werden, eine Ergänzung von eiweiß- und energiereichen Futtermitteln erfolgt und das Getreide als Stützfrucht für die Erbse dient. Die Erbse kann am Getreide hochranken, so dass ein stehender Bestand zur Druschreife vorhanden ist. Zudem unterdrücken diese Gemenge Unkräuter in der Regel besser als Erbsenreinsaaten. Bei der Sortenwahl ist auf eine gleichzeitige Abreife zu achten, d.h. z.B. eine frühreife Hafersorte zu verwenden.

Aussaat und Etablierung

Die Bodenbearbeitung zur Anlage dieser Gemenge erfolgt üblicherweise mit dem Pflug. Eine gute Saatbettbereitung ist empfehlenswert. Die Aussaat kann auf warmen Standorten früh im März erfolgen; Erbsen sind aber auch spätsaatverträglich. Um der Erbse gerecht zu werden, sollte eine Ablagetiefe bis 5 cm gewählt werden. Das Anwalzen der Saaten sichert den Bodenschluss.

Normalerweise werden diese Arten gedrillt mit einer Mischung im Saatgutbehälter. Erbsen und Getreide eignen sich gut für eine gemeinsame Aussaat. Dennoch ist darauf zu achten, dass sich die Arten während des Drillens nicht im Saatgutbehälter entmischen. Eine getrennte Saat der Arten ist wegen des Mehraufwandes weniger üblich. Allerdings können dann die unterschiedlichen Ablagetiefen berücksichtigt und dem Entmischen vorgebeugt werden, beispielsweise durch das Nachrüsten eines zweiten Saatgutbehälters sowie Sävorrichtungen. Wichtiger wird dies bei unterschiedlichen Korngrößen. Es gibt Hinweise, dass die Erträge in getrennt ausgesäten Gemengen mit abwechselnden Reihen höher sind als bei gemeinsamer Mischsaat in einer Reihe.

Die Empfehlungen zur Höhe der Aussaatstärken differieren stark. Im Gemenge aus Körnerleguminosen und Getreide gilt die Leguminose als der konkurrenzschwächere Partner. So muss hier die Saatstärke der Leguminose möglichst hoch angesetzt werden. Ein Ertragsvorteil des Gemenges stellt sich dann ein, wenn das Getreide Bodenstickstoff nutzt und die Leguminose möglichst hohe N_2 -Fixierleistungen im Gemenge erbringt. Das Getreide kann mit seiner hohen Konkurrenzfähigkeit und starkem Bestockungsvermögen auch bei sehr geringen Saatstärken im Gemenge ein ausreichendes Wachstum in den frühen Entwicklungsstadien zeigen. Die Leguminosen, die in der Regel eine langsame Jugendentwicklung haben, kompensieren dann in späteren Entwicklungsstadien den limitierten Boden-N-Vorrat mittels ihrer N_2 -Fixierung. Für Erbsen ist daher eine Bestandesdichte von 60 bis 70 Pfl./m² anzustreben. Abhängig von der Tausendkornmasse der Erbse entspricht dies einer Saatstärke von 160 bis 190 kg/ha. In Reinsaat werden die Erbsen mit durchschnittlich 70 bis 90 Pfl./m² angebaut (ca. 200 bis 250 kg/ha), die Saatstärke der Erbse im Gemenge ist also mit 75 bis 85 % der üblichen Reinsaatstärke anzusetzen.

Dagegen sollte die Saatstärke des Getreides stark reduziert werden auf 50 bis 90 Pfl./m² (ca. 25 bis 45 kg/ha). Dies bedeutet bei einer Saatstärke von 300 bis 400 Pfl./m² (ca. 145 bis 190 kg/ha) in Reinsaat einen Anteil zwischen 15 und 25 % der üblichen Aussaatstärke des Getreides. Zudem gibt es Hinweise darauf, dass die Vorteile des Gemenges maximiert werden können, wenn die Leguminose im Gemenge in ihrer Saatstärke nicht reduziert wird.

Faustregel für die Saatstärke im Gemenge aus Erbse und Getreide: ca. 80 % der ortsüblichen Reinsaatstärke der Erbse und ca. 20 % der ortsüblichen Reinsaatstärke des Getreides. In der Praxis liegt die derzeitige Empfehlung bei einer Saatstärke im Gemenge aus Erbsen und Getreide von jeweils 50 % der ortsüblichen Reinsaatstärke. Dies liegt sicherlich nicht zuletzt darin begründet, dass die Saatgutkosten der Erbse im Vergleich zu Getreide sehr viel höher sind und der erhoffte Mehrertrag im Gemenge diese ausgleichen muss. Zudem wird befürchtet, dass mit zunehmendem Erbsenanteil die Lagergefahr steigt.

Bestandespflege

In der Regel sind keine Pflegemaßnahmen in Körnerfruchtgemengen nötig. Wie bei Getreide kann eine mechanische Unkrautbekämpfung durch Striegeln (Blindstriegeln sowie ab dem 3- bis 4 Blattstadium) und Hacken (bei weiten Reihenabständen) erfolgen. Eine Stickstoffdüngung ist nicht zu empfehlen, da sie wie zu hohe N_{min}-Werte im Boden den Vorteil des Gemenges reduziert, indem sie die Konkurrenzfähigkeit des Getreides eher noch fördert und die Leguminose in der Stickstoff-Fixierung begrenzt.

Ernte und Ertrag

Die Körnerleguminosen-Getreide-Gemenge werden im ökologischen Landbau überwiegend als Korngut gedroschen und als Krafftuttermischung genutzt. Nur ein geringer Prozentsatz findet für die Beerntung als ganze Pflanze zur Ganzpflanzensilierung (GPS) Verwendung. Die Verwendungsrichtung bestimmt den Zeitpunkt der Beerntung. So wird das Korngut Ende Juli bis Mitte August gedroschen, während die GPSNutzung zu einem früheren Zeitpunkt der Teigreife stattfindet. Wenn auf trockenen Standorten zur Kornausbildung nicht genügend Wasser vorhanden ist, kann es sinnvoll sein, die GPS-Nutzung der Kornnutzung vorzuziehen. Der gemeinsame Drusch ist normalerweise unproblematisch, es sei denn, die Arten reifen allzu unterschiedlich ab. Für Futterzwecke ist die Trennung des Korngutes nicht nötig. Allerdings können je nach Jahr verschieden hohe Anteile der Arten im Druschgut geerntet werden. Das heißt, diese Anteile sind nicht sicher vorhersehbar und dementsprechend schwanken auch die Futterwerte der Mischungen.

Ackerbohnen/Getreide

Je nach Standort eignen sich Ackerbohnen im Gemenge mit Hafer, Sommergerste oder bei Winterackerbohnen mit Winterweizen. Da die Ackerbohne relativ spät reift, sollten spät reifende Getreidesorten bzw. früh reifende Ackerbohnen im Gemenge verwendet werden. Eine getrennte Aussaat ist zu empfehlen, da die optimale Saattiefe für die Ackerbohne bei 6 bis 8 cm Tiefe liegt, die des Getreides hingegen bei 2 bis 3 cm. Eine mittlere Ablagetiefe als Kompromiss ist dennoch offen.

Die getrennte Aussaat ermöglicht auch eine andere räumliche Verteilung. So führte im Gemenge aus Ackerbohne mit Gerste aufgrund der besseren Verteilung der Pflanzen auf dem Feld und geringerer Kontakte zwischen den Mischungspartnern, d.h. in diesem Fall scheinbar geringere Konkurrenzeffekte, die Anordnung in abwechselnden Reihen zu deutlich höhere Kornerträgen als bei einer gemeinsamen Saat in der selben Reihe. Dies ist keine allgemeingültige Aussage. In anderen Untersuchungen nutzten die Arten im Gemenge Erbse mit Gerste oder Weizen die verschiedenen Bodenvolumina bei Aussaat in derselben Reihe und bei gekreuzter Saat besser als bei abwechselnden Reihen.



Bild 3: Getreide lässt sich gut mit Ackerbohnen oder Erbsen im Gemengeanbau kombinieren

Die optimale Saatstärke im Gemenge kann in der Summe höher liegen als die der Reinsaaten. Der höchste Kornertrag wurde beispielsweise in einem Gemenge aus Winterackerbohne und Winterweizen bei einer Saatstärke von jeweils 75 % der ortsüblichen Reinsaatstärke erzielt. Bei hohen Ackerbohrendichten wird vereinzelt von einer Erhöhung der Mehltauanfälligkeit des Weizens bzw. der Sommergerste berichtet. Anscheinend begründet sich dies in einem höheren Stickstoffgehalt (% N)

der Getreidepflanzen, denn in der Regel geht im Gemenge mit steigendem Anteil der nicht anfälligen Komponente der Mehлтаubefall zurück.

Anbautelegramm:

<u>Aussaat:</u>	getrennt, Ackerbohne 7 bis 3 cm tief, Getreide 2 bis 3 cm Ackerbohne möglichst früh, Getreide auch später, in abwechselnden Reihen oder überkreuz drillen
<u>Saatstärke:</u>	je 50 % (bis 75 %) der ortsüblichen Reinsaatstärke Ackerbohne 35 Pfl./m ² (ca. 150 kg/ha) Getreide: Hafer 180 Pfl./m ² (ca. 65 kg/ha) Sommergerste 150 Pfl./m ² (ca. 70 kg/ha) Winterweizen: 190 Pfl./m ² (ca. 90 kg/ha)
<u>Sorten:</u>	frühreife, kurz wüchsige Ackerbohne spätreifes, lang wüchsiges Getreide
<u>Standort:</u>	mittlere bis gute Böden (Gerste, Weizen), leichte Böden (Hafer)
<u>Ertrag:</u>	kann sehr stark zwischen den Jahren schwanken (Kornertrag 38-61 dt/ha), tendenziell sicherer als Reinsaaten

3.7.5 Sortenempfehlungen

Aktuelle Sortenempfehlungen für Winterungen

Bei der Sortenwahl ist pragmatisches Herangehen gefragt. Die Sortenunterschiede übersteigen meistens die 10 % in einem Jahr nicht – und im Durchschnitt mehrerer Jahre und Standorte gleichen sich die Unterschiede noch stärker an. Je nach Jahreswitterung wird mal die eine und mal die andere Sorte bevorzugt (ALVERMANN, 2008).

Kultur	Sorte	Besonderheit
Gerste	Theresa	Die älteste Sorte im W-Gerstensortiment und bewährt im ökologischen Landbau
	Lomerit	Sehr große Anbauverbreitung; 2008 Ertragsspitze in Niedersächsischen Ökoversuchen
	Naomie	Als neuere gesündere Alternative
Triticale	Benetto	Das was früher Modus war – Allzwecksorte
Roggen	Recrut	Standard-Populationssorte
	Visello	Hybridsorte, standfest, weniger lang

Aktuelle Sortenempfehlungen für Sommerungen

Die nachfolgenden Sortenempfehlungen (ALVERMANN, 2009) sind gemittelt aus mehrjährigen Versuchsergebnissen in Schleswig-Holstein und in angrenzenden Bundesländern sowie der Verfügbarkeit des Saatgutes.

Kultur	Sorte	Besonderheit
Sommerweizen	Eminent	Die Standardsorte neben Thasos und Epos
	Passat	Für Ertrag / zu Lasten der Back-Qualität
	Taifun	kurze Sorte, höhere Energiedichte
Hafer	Dominik	standfester stabiler Hafer für Futter-Gemenge
Sommergerste	Marthe	kurz, höhere Energiedichte
	Eunova	bewährte Futtersorte
	Djamila	neue und gute Futtergerste
Sommertriticale	Dublet / Logo	Nach Verfügbarkeit / für leichte Böden
Sommerroggen	Arantes	Sehr gute Unkrautverdrängung

Körnerleguminosen-Reinsaaten

Nur wenige Betriebsleiter in Schleswig-Holstein sind bei Körnerleguminosen mit Reinsaaten erfolgreich – und dann am ehesten mit Ackerbohnen. Reine Lupinen werden an dieser Stelle wegen der Spätverunkrautung nicht mehr empfohlen.

Sortenempfehlung für Reinsaaten:

Kultur	Sorte	Besonderheit
Ackerbohne	Fuego	für die Rinderfütterung
Erbse	Santana	Standardsorte

3.8 Getreide-Ganzpflanzensilage – Eine sinnvolle Alternative und Ergänzung zum Maisanbau für die Biomassenutzung

Die Nutzung von Getreide-Ganzpflanzensilage nimmt nach dem Maisanbau die wichtigste Rolle zur Biomasseproduktion auf dem Acker ein, da auch hier die Produktionstechnik bekannt ist. Die Erfahrungen vieler Biogasanlagenbetreiber zeigen, dass ein Mix aus unterschiedlichen Biogassubstraten zu einer günstigeren und unproblematischen Biogasproduktion in der Anlage führt. Gleichzeitig ist vielfach eine Steigerung der Gasausbeute festzustellen. So hat der Anbau von Wintergetreide-Ganzpflanzensilagen oft einen festen Anteil an der Substratversorgung.

Die Vermeidung eines einseitigen Maisanbaus zu Gunsten mehrgliedriger Fruchtfolgen entspricht den Cross Compliance Anforderungen und schafft zudem eine höhere gesellschaftliche Akzeptanz für die Energieproduktion vom Acker. Arbeitswirtschaftliche Vorteile durch das Brechen von Arbeitsspitzen bei Aussaat, Ernte und Gärsubstratausbringung sind weitere Vorteile.

Auch wenn der Mais gegenüber den Getreide-GPS-Beständen ertragliche Vorteile aufweisen sollte, bietet der GPS-Anbau eine sinnvolle Alternative bzw. Ergänzung für die Biomasseproduktion vor allem in stark humuszehrenden Fruchtfolgen, da die verbleibende Vegetationszeit durch Zwischenfruchtanbau zur Humusmehrung genutzt werden kann. Auch kann auf Standorten mit sicherer Wasserversorgung ein Zweitfruchtanbau angestrebt werden. Hierbei muss jedoch aus ökonomischer Sicht ein deutlicher Mehrertrag gegenüber einem ausschließlichen Hauptfruchtanbau erzielt werden, um die doppelten Aussaat- und Erntekosten auszugleichen.



Bild 4: Zur Biogasgewinnung lässt sich GPS ideal mit Gras oder Silomais ergänzen

Die Jahre 2007 und 2008 waren für den Mais im Hinblick auf die Niederschlagsverteilung günstige Jahre. Anders sieht es aus, wenn die Getreide-GPS die Winterniederschläge effizient in Ertrag umsetzen kann, und der Mais während einer auftretenden Frühsommertrockenheit eine schlechte Kolbenbildung besitzt und damit im Leistungsniveau stark eingeschränkt ist. Zur Risikostreuung ist es sinnvoll, unterschiedliche Kulturen für die Biomasseproduktion anzubauen. Speziell Getreide-GPS-Anbau erweist sich dabei als flexibel einsetzbar, denn korntragsstarke Sorten können auch als Marktfrucht gedroschen werden. Bei stärkeren Wetterrisiken bietet eine mehrgleisige Anbaustrategie insgesamt eine verlässlichere Substratversorgung.

Hinsichtlich der Biogasausbeute von verschiedenen GPS-Arten (Abb. 8) ist festzustellen, dass sowohl Triticale, Winterweizen als auch Artengemenge hohe Gasausbeuten im Vergleich zu Silomais erbringen können. Bei Hafer und der Hafersortenmischung waren keine Unterschiede feststellbar.

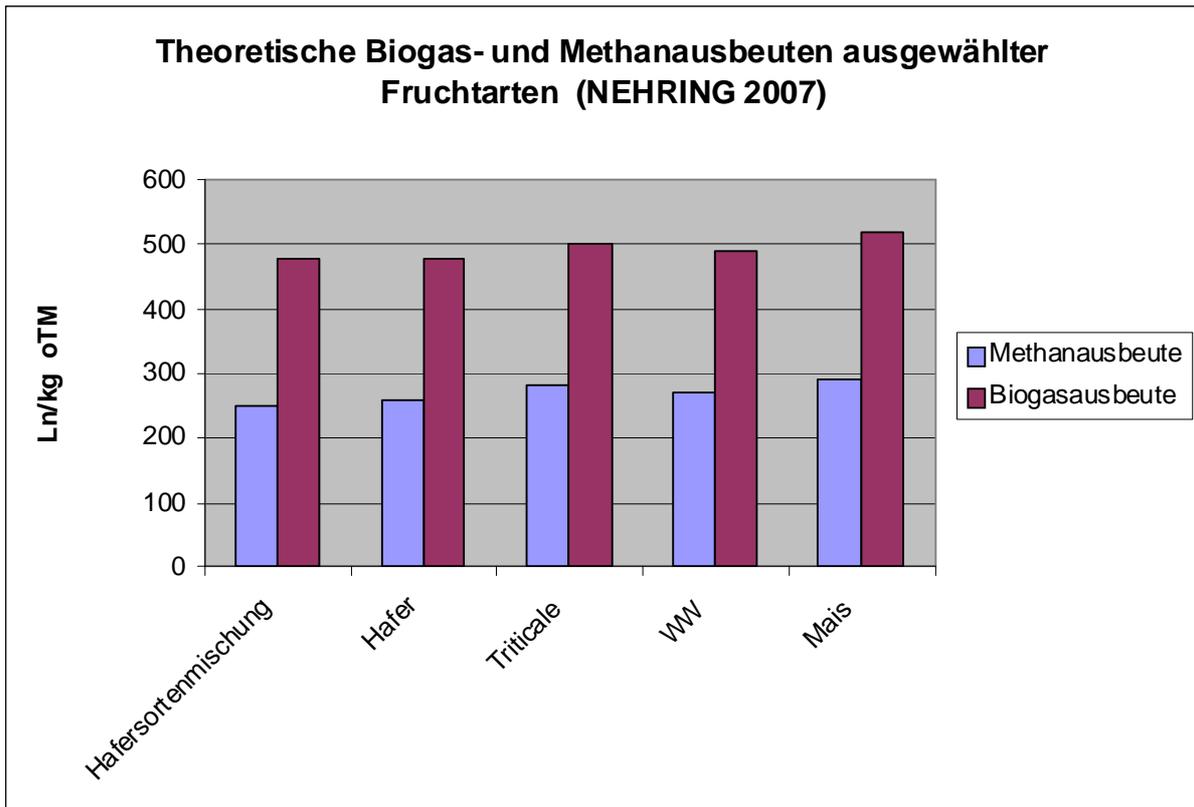


Abb. 8: Gaserträge von GPS-Arten

Grünroggen für Energiepflanzensilagen

Neben der GPS-Nutzung wurde in den vergangenen Jahren auch die frühe Nutzung von Winterroggen als Grünschnittroggen verstärkt praktiziert. Dank beschleunigter Frühjahrsentwicklung liefern spezielle Grünschnittroggensorten bei Ernte Anfang bis Mitte Mai deutliche Ertragsvorteile. Da bei der Beerntung als Nasssilage die TM-Gehalte jedoch teilweise unter 20 % liegen (Anwelken ist auch möglich), überwiegt vielfach die Beerntung als GPS im Zeitraum Anfang bis Ende Juni bei TM-Gehalten von ca. 32 bis 40 %. Mit fortschreitender Abreife (bis 40 % TM-Gehalt) sind entsprechende Mehrerträge zu erzielen, da die Kornbildungsphase zur Gesamtertragssteigerung beiträgt. Nach PRALLE (2007) eignet sich der Grünschnittroggensortentyp aufgrund seiner Ertragsstärke hier am besten. Hybridsortentypen lassen aufgrund ihrer höheren Kornerträge höhere Methangasausbeuten erwarten, wenn sie im Stadium der Milchreife geerntet werden.

Mit der Fruchtfolge Grünroggen und Mais kann das Standortpotenzial zur Bildung von Biomasse voll genutzt und der Gasertrag/ha erhöht werden. Grünroggen als Vorfrucht zu Mais wird im Wachstumsstadium vor dem Ährenschieben geerntet. Bei einem Ertrag von etwa 5-7 t oTS (organische TS)/ha und einer Methanbildung von 320 m³/t oTS ist mit einem Methanertrag aus Grünroggen von 1.600-2.240 m³/ha zu rechnen.



Bild 5: Die Grünroggenernte sollte im Stadium der beginnenden Blüte bei TM-Gehalten $>30\%$ zur Vermeidung von Gärtaftverlusten stattfinden

Durch den frühen Erntezeitpunkt wird oft ein nur sehr geringer Trockenmassegehalt erreicht. Um bei solchen Ausgangsbedingungen eine Silage mit guter Qualität zu erzielen, ist vor allem wichtig, den pH-Wert zu Beginn des Silierprozesses so rasch wie möglich und ausreichend tief zu senken. Dies wird durch eine entsprechend hohe Konzentration an Milchsäure in der Silage gewährleistet, die mit Hilfe von Starterkulturen auf Basis von rasch fermentierenden Milchsäurebakterien erreicht werden kann.

Um die Eignung von Grünroggen zur Konservierung mittels Silierung bewerten zu können, wurden im Erntejahr 2006 Laborversuche durchgeführt. Grünroggen von zwei unterschiedlichen Standorten wurde als gehäckseltes Gut in Silierversuchen im Labormaßstab (6,5 l) verarbeitet. Zum Vergleich wurde das Material als unbehandelte Kontrolle und unter Zugabe von Milchsäurebakterien untersucht.

Die verwendeten Ausgangsmaterialien hatten einen Trockensubstanzgehalt von 22 bzw. 23,9 %. Der Gehalt an leicht löslichen Zuckern war mit 10,2 % und 6,7 % relativ hoch. Auffällig sind die geringen Konzentrationen an pflanzeneigenen Milchsäurebakterien am Erntegut von 1.000 bzw. 2.200 Keimen pro Gramm Frischmasse. Gerade wegen dieses niedrigen Gehaltes ist eine Unterstützung und Lenkung der Fermentation durch Zugabe gezielt ausgewählter Milchsäurebakterien als Starterkulturen sehr zielführend.

Die Behandlung mit Milchsäurebakterien senkte den pH-Wert deutlich rascher und tiefer als in den unbehandelten Kontrollsilagen (Abb. 9). Schon nach 5 Tagen

Silierdauer konnte ein pH-Wert unter 3,8 erreicht werden, welcher auch über die gesamte gemessene Silierdauer von 90 Tagen entsprechend niedrig gehalten wurde.

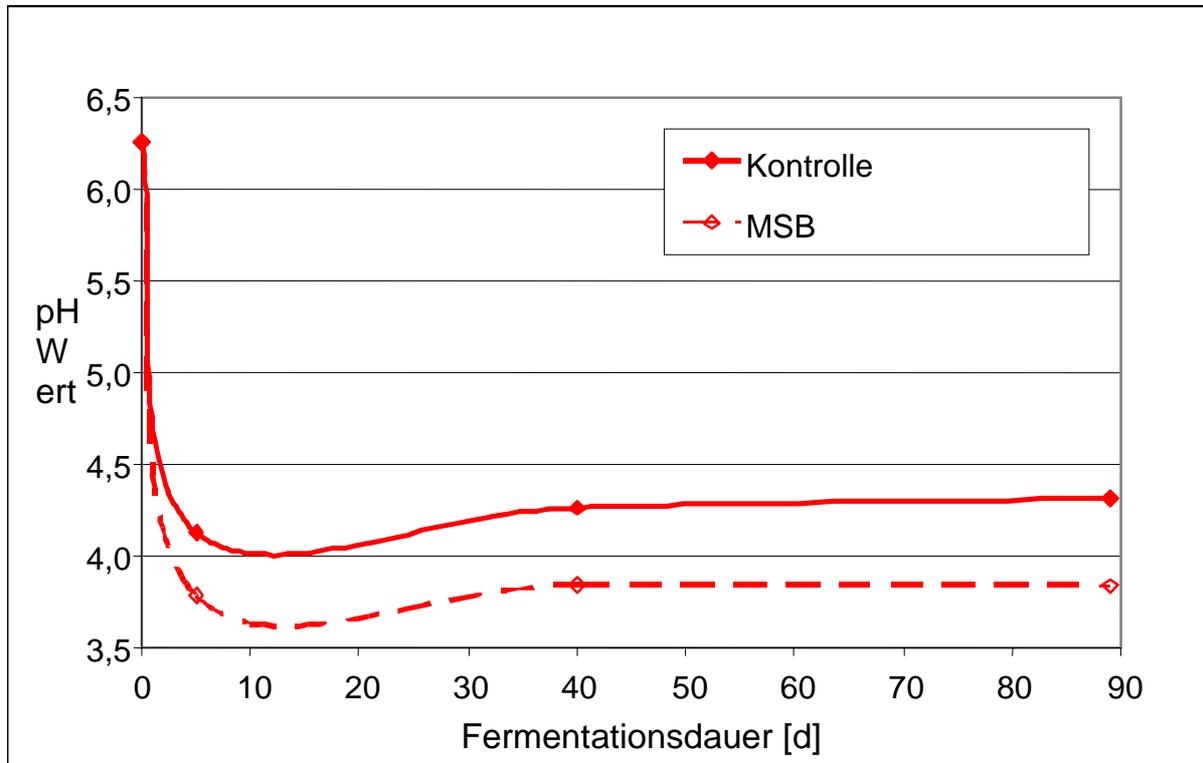


Abb. 9: Entwicklung des pH-Wertes von unbehandelter und mit MSB behandelter Grünroggensilage (MAYRHUBER, 2007)

3.9 Erntezeitpunkt und Schnitthöhe

Als optimaler Schnitzeitpunkt für GPS ist ein Kompromiss zwischen möglichst hohen Trockenmasseerträgen und gleichzeitig nicht so hohen TM-Gehalten zu verwirklichen. Liegt der TM-Gehalt über 45 % wird die Silierfähigkeit beeinträchtigt oder die Vergärbarkeit sinkt. Optimal sind TM-Gehalte von 35-45 %.

Der optimale Zeitpunkt der Ernte wird nach unten durch den Korn- bzw. Stärkegehalt und nach oben durch die Verwertbarkeit der Körner im Verdauungstrakt der Rinder bzw. durch die Konservierbarkeit begrenzt. Bei Überschreitung des Optimums sind Exakthäcksler (Vielmessertrommeln) mit Reibeboden bzw. Quetschwalzen oder Korn-Crackern notwendig. Die Häcksellänge sollte in diesem Fall 6-8 mm nicht überschreiten. Wer Körner beim Erntevorgang zerkleinern kann, braucht bei der Ernte das Vegetationsstadium weniger zu berücksichtigen.

Lässt die Erntetechnik ein Anschlagen bzw. Zerkleinern der Körner nicht zu, muss das Getreide beim Übergang in die Teigreife geerntet werden. Das Stroh beginnt sich gelb zu verfärben, die Halmknoten und die oberen zwei Drittel der Blätter

müssen noch grün sein. Bei der Nagelprobe soll der Korninhalt noch leicht spritzen. Der TM-Gehalt der Gesamtpflanze beträgt zu diesem Zeitpunkt ca. 35 %. Werden Exakthäcksler mit Vielmessertrommeln, Corn Crackern und Reibeböden eingesetzt, lässt sich GPS auch zu einem späteren Termin mit dann höheren Stärkegehalten ernten. Entscheidend ist jedoch, dass alle Körner zerschlagen werden, damit später keine unverdauten Körner mit dem Kot ausgeschieden werden.

Bezüglich des Abreifeverhaltens und des daraus abzuleitenden Erntetermins gibt es Unterschiede zwischen den Getreidearten (Abb. 10). So weist Wintergerste die geringste Zeitspanne zur Findung des optimalen Termins auf, während Hafer, Roggen und Winterweizen wesentlich nutzungselastischer sind.

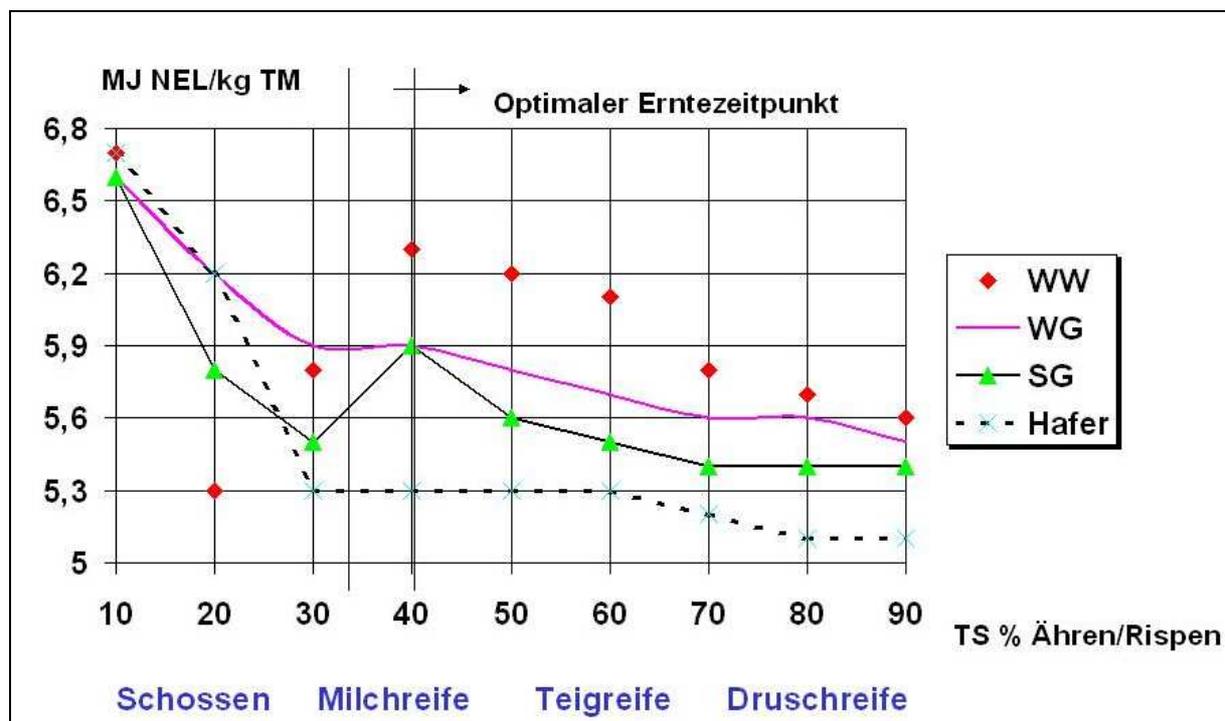


Abb. 10: Erntezeitpunkt GPS-Arten (nach WILLIGE, 1986)

Neben der Optimierung des Schnittzeitpunktes und der gezielten Wahl der Getreideart und -sorte kann man das Korn-Stroh-Verhältnis auch durch die Schnitt- bzw. Stoppelhöhe beeinflussen. Wie in der Abb. 4 dargestellt, muss dabei der erwartete Kornertrag berücksichtigt werden. Um beispielweise eine Energiedichte von über 6,0 MJ NEL zu erreichen, darf bei einem Kornertrag von 40, 60 bzw. 80 dt je Hektar die Halmlänge nicht mehr als 30, 45 bzw. 65 cm betragen. Energiereiche GPS'en erfordern höhere Stoppellängen von ca. 20-40 cm, damit ein Kornanteil von mehr als 50 % erreicht werden kann.



Bild 6: Der optimale Erntetermin liegt dann vor, wenn mittels der Daumen-nagelprobe das Korn nicht mehr spritzt (beginnende Teigreife)

3.10 Siliereigenschaften

Ganzpflanzen von Getreide enthalten im Gegensatz zu großkörnigen Leguminosen (Lupinen, Erbsen, Ackerbohnen) in der Entwicklungsphase „Ende Milchreife/Teigreife“ relativ viele leicht lösliche Kohlenhydrate und sind deshalb als leicht vergärbar einzustufen.

Trotz der guten Vergärbarkeitseigenschaften sind die Silagen oftmals durch gewisse Buttersäurekonzentrationen gekennzeichnet. Dieses ist eine Folge eines zu geringen Nitratgehaltes. Da sich die Pflanzen zum Erntezeitpunkt in der generativen Phase bzw. im Abreifeprozess befinden, erfolgt keine Nährstoff- bzw. N-Aufnahme mehr. Vor diesem Hintergrund ist der Einsatz von Milchsäurebakterien generell zu empfehlen, da die durch die Behandlung erfolgte pH-Wert Absenkung die Buttersäurebildung sicher verhindert.

Getreideganzpflanzen in der beginnenden Teigreife lassen sich besser silieren als Grüngetreide, da sie einen höheren abreifebedingten Trockenmassegehalt (32... 40 %) und eine geringere Pufferkapazität aufweisen. Eine Ausnahme bildet der Hafer, der zum optimalen Schnittzeitpunkt einen niedrigen Zucker-Puffer-Quotienten und einen zu geringen Trockenmassegehalt aufweist. Beim Hafer wäre ein kurzzeitiges Anwelken sinnvoll. Bei Getreideganzpflanzen mit TM-Gehalten über 35 % ist neben der exakten Zerkleinerung, mindestens auf eine theoretische Häcksellänge von 6 bis 8 mm, eine hohe Verdichtung sowie ein unverzügliches Abdecken zwingend notwendig, da sonst mit einer starken Erhitzung im Silostock und einer

erhöhten Essigsäurebildung gerechnet werden muss. Als Ursache ist die stabile und elastische Röhrenstruktur der Getreidehalme mit Lufteinschlüssen zu sehen, die ein starkes Auffedern beim Festfahren (Strohmatteeffekt) provozieren können. Nach der Verdichtung sollen mindestens 200 bis 240 kg Trockenmasse je Kubikmeter Silo gelagert sein.

4. Erntetechnik und –management

Vorzüglich werden GPS-Bestände mit dem Exaktfeldhäcksler geerntet. Das Siliergut wird anschließend in ein Fahrsilo mit oder ohne Seitenwände eingelagert und verdichtet. Alternativ kann auch ein Siloschlauch befüllt werden, bei dem die Silopresse die Verdichtungsarbeit übernimmt. Vereinzelt wird die Silierung von GPS'en in Rund- oder Quaderballen praktiziert, wobei Schneideinrichtungen das Langgut bis auf ca. 20-25 cm vorzerkleinern.

4.1 Spezialtechnik des Exakthäckslers

Für die GPS-Ernte sollte die Häckslertrommel als Vielmessertrommel mit 107 bis 118 Zähnen, wahlweise hartchrombeschichtet, ausgerüstet sein. Die Drehzahldifferenz des Crackers sollte zwischen 32 bis 41 % eingestellt sein. Optional kann zur Körneraufbereitung ein zusätzlicher Reibeboden erforderlich sein. Ziel ist eine exakte, gleichmäßige Kurzhäckselung auf 4-6 mm (theoretisch) bei voller Körneraufbereitung (Körner zerschlagen).

1. Vorsatzgeräte

a) Grünroggenernte

Pick up wie aus dem Grasbereich

b) Reihenunabhängiges Gebiss

Arbeitsbreiten 3 bis 7,50 m

Zusatzausrüstung Räumler und GPS-Kufen

Einsatzgrenzen feuchtes Material bzw. Lagergetreide

Schritthöhe ab 8 cm

Optional aktive Boden Anpassung durch Pendelrahmen. 8-Reiher weist

4 große Trommeln, 10-Reiher weist noch 2 zusätzliche Trommeln außen auf.

Gut geeignet bei leichtem Lager (aktive Reversierung).

c) Spezialschneidwerk

Für höchste Ansprüche und hohe Arbeitsleistungen ist das GPS-Spezial-Schneidwerk als Direktschneidwerk mit Scheibenmähwerk, das jedoch einen höheren Kraftbedarf als das reihenunabhängige Gebiss aufweist. Arbeitsbreiten bis 5,80 m, ca. 5 ha/Std. Arbeitsgeschwindigkeit bis 20 km/h. Höhenverstellung über Bodenkufen und Pendelrahmen. Schnitthöhen bis 4 cm. Scheibenmähwerk ist Fremdkörper unempfindlich.

2. Häckselaggregat

Perfekte Häckselqualität wird erreicht durch Vielmessertrommel, Unabhängig von der Schnittmenge – geringer Überlängenanteil. Zusatzausrüstung: Nachschneideboden (Kassettenelement). Anordnung: unten im Trommelboden. Vorteil: Leichte Demontage. Effekt: Halmaufspießen beim Nachlaufsieb. Im hinteren Trommelbereich befinden sich Siebe, durch die das Material zusätzlich gedrückt wird und dadurch eine Nachzerkleinerung erfährt.

3. Trommel

Messeranzahl zwischen 50 und 56 Stück, je nach Arbeitsbreite.



Bild 7: Mit der Vielmessertrommel lässt sich gut eine kurze Häckselung und ein Aufspleißen der Halme verwirklichen

4. Körnerprozessor

a) Sägezahnbestückung

b) Standardprozessor für GPS mit einer Breite von 65 bzw. 72 cm, mit einem Durchmesser von 22 bis 24 cm. Die Drehzahldifferenz beträgt zwischen 21 und 41 %.

5. Autotrac

Satelliten gestütztes Lenksystem bewirkt automatische Steuerung der Maschine. Genauigkeit +/- 5 cm und ermöglicht Ernte in Beetkulturen (Arbeitszeiteinsparung).

6. Lagergetreide bzw. Lagerleguminosen

Es eignet sich hier besonders das reihenunabhängige Gebiss.



Bild 8: Reihenunabhängige Gebisse weisen für alle Erntebedingungen eine hohe Flexibilität auf.

4.2 Silomanagement

Die Siliertechnik und deren sachgerechtes Management dienen dem Zweck, die Zielgrößen der Futterqualität bis zur Verfütterung bzw. Einspeisung weitgehend unabhängig von der Witterung sicher zu realisieren und dabei verfahrensspezifische und arbeitswirtschaftliche Anforderungen mit einzubeziehen.

Als Erntemaschinen für die Futterbergung werden Feldhäcksler, Ladewagen und Ballenpressen (Rund- oder Quaderballen) angeboten, deren Einsatz unmittelbar mit dem Konservierungsverfahren verknüpft ist. Der Ladewagen und die zum Feldhäcksler zugehörige Transporteinheit transportieren das Erntegut zum Silo

(Siloverfahren), wo das Siliergut parallel zur Futterbergung im Flach- oder im Schlauchsilo verdichtet wird. Beim Rund- und Quaderballen-Silageverfahren kann der Ballen sofort nach dem Pressen in Silofolie gewickelt und damit luftdicht verschlossen werden, während beim Häcksler- bzw. Ladewagenverfahren das Erntematerial erst am Ende der gesamten Futterbergung luftdicht verschlossen wird. Der Gärprozess setzt in diesem Fall früher ein und es sind geringere Atmungsverluste zu erwarten. Die Erfüllung von Qualitätsparametern ist somit an spezielle Techniken gebunden.

4.2.1 Transportieren und Einlagern

Transportieren und Einlagern im Flachsilo

Da i.d.R. nach Zeit abgerechnet wird, muss der Häckslerleistung immer die entsprechende Transportlogistik in Größe und Menge zugeordnet werden. Dabei haben sich die großvolumigen (40-60 m³) Silier- oder Abschiebewagen bewährt, die sowohl ein Entleeren auf dem Silo bis zu einer Höhe von ca. 6 m als auch ein Abschieben vorm Silo ermöglichen. Mit Gespannfahrzeugen ist ab einer gewissen Füllhöhe bzw. Steigung das Überfahren (auch bei zusätzlicher eingesetzter Zugkraft) nicht mehr möglich. Zum Überfahren auch in größeren Höhen bietet sich als Transportfahrzeug der allradangetriebene LKW an. Auch ist der Reifenverschleiß geringer als bei herkömmlichen Wagen und die mögliche Transportgeschwindigkeit höher, so dass mit weniger Kapazität die gleiche Leistung erzielt werden kann.

LKW's in der Silageernte

Lohnunternehmer setzen Chassis mit Allrad-Antrieb ein. Die Bereifung wird auf Niederquerschnittstypen der Größe 650X 22,5 umgestellt. Wichtigste Detailänderung ist die Installation eines separaten Antriebs für einen Kratzboden und die Dosierwalzen. Ein Häckselaufbau mit 40-60 cbm, eventuell auch in der Kipplösung, rundet den Silage-LKW ab. Bis zu einer Feld-Hofentfernung von ca. 10 km ist der Allrad-LKW bei der Bereifung und der Geschwindigkeit bis 80 km/h ein schnelles und wendiges Gerät. Bei größerer Entfernung bieten sich dann Sattelaufleger als Transporteinheiten an, die mit einer speziellen Überladetechnik oder von Überladefahrzeugen bedient werden. LKW verdichtetes Siliergut lässt sich wesentlich besser befahren als mit Schleppern und gezogene Silierwagen. Die Folge ist: kein aufwendiges Anhaken von Schleppern zum Überfahren, der Walzschlepper kann sich auf seine Verdichtungsarbeit stärker konzentrieren. Das führt in der Summe zu einer besseren Verdichtung des Siliergutes, damit zu geringeren Verlusten und geringeren Risiken der aeroben Instabilität und Nacherwärmung. Summarisch entspricht die Leistung von 2 Allrad-LKWs denen von 3 Schleppern mit Wagen bei jeweils gleichem Ladevolumen.



Bild 9: Mit Allrad LKW's kann die Schlagkraft beim Transport und bei der Einlagerung erhöht werden

Überfahren oder vorm Silo abkippen?

Sofern eine Überfahrt und Entladung auf dem Silo mit der vorhandenen Technik noch möglich ist, werden dabei weitere Verdichtungen und Zeiteinsparungen realisiert. Nachteilig ist aber, dass das gesamte Silo über einen langen Zeitraum offen bleibt, obwohl ein zügiger Verschluss von Vorteil ist. Je größer und höher das Silo angelegt wird, desto eher kann daher ab einer gewissen Füllhöhe ein Abkippen vor dem Silo mit dem nachfolgenden Transport mit Schiebeschildern oder Radladern auf das Silo sinnvoll sein. Fertig befüllte Silagepartien können dann schon während der Restbefüllung mit einer Unterziehfolie abgedeckt werden.

4.2.2 Verdichtung

Die Verdichtung von Silagen beeinflusst deutlich die Gärprozesse und die Lagerstabilität, da bei unzureichender Verdichtung verstärkt Sauerstoff über die Anschnittfläche in das Silo eindringen kann. Die Menge des Luftzutrittes und die Eindringtiefe in den Futterstock werden von der Größe der Poren und Luftkanäle bestimmt. Sie fördern das Wachstum unerwünschter Keime wie Hefen und Schimmelpilze und führen zur Nacherwärmung der Silagen (Tab. 11). HONIG (1987) legte deshalb Mindestverdichtungen für einen Gasaustausch von $< 20 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ (Tab. 12) als Sollwerte fest.



Bild 10: Das gute Verdichten ist das A&O bei der Silagebereitung

Tab. 11: Verdichtung, Hefenkonzentration und aerobe Stabilität bei Grassilage (Kleinmanns, 1996)

	Laktat abbauende Hefen (log KBE/g FM)	Aerobe Stabilität (Tage)
Sehr gute Verdichtung, 100 % luftdicht	3,0	6,3
Sehr gute Verdichtung, mit Luftzutritt	4,1	5,7
Schlechte Verdichtung, mit Luftzutritt	6,1	3,3

Tab. 12: Sollwerte für Verdichtungen (nach Honig, 1987)

Futterart	TM-Gehalt (%)	Lagerdichte (kg TM/m ³)
Gras	20	160
15 mm theor. Häcksellänge	40	230
Luzerne	20	180
15 mm theor. Häcksellänge	48	240
Mais	28	230
4 – 7 mm theor. Häcksellänge	33	270
GPS	35	230
gehäckselt	45	260
CCM	55	400
	60	440

Oftmals werden diese Werte in den oberen Bereichen und in den Randbereichen des Flachsilos nicht erreicht, so dass hier besonders mit Nacherwärmung zu rechnen ist. Die Nährstoffverluste im Randbereich, von der Oberfläche bis in 1 m Tiefe, können das Zweifache der Verluste an Nährstoffen im Inneren des Silos ausmachen.

Verdichtung im Flachsilo

Im Flachsilo erfolgt der Verdichtungsdruck über einen Schlepper oder Radlader während der Überfahrt. Die Effektivität der Walzarbeit wird von einem möglichst hohen Walzdruck beeinflusst. Dieser hängt in erster Linie von dem Kontaktflächendruck (kg/cm²) ab, der von den Reifen des Verdichtungsfahrzeuges auf den Silostock wirkt. Der Kontaktflächendruck kann über die Radlast und damit das Gewicht des Walzschleppers sowie über den Reifendruck und die Reifenaufstandsfläche beeinflusst werden.

Grundsätzlich gilt für die Verdichtung im Flachsilo:

- Reifendruck von 2 – 3,5 bar (um die Aufstandsfläche des Schleppers so gering wie möglich zu halten, soll auf Zwillingsreifen verzichtet und schmale Reifen bevorzugt werden).
- Maximal 30 cm Schichtdicke (bei größeren Schichtdicken kann die Tiefenwirkung des Verdichtungsfahrzeuges zu gering werden).
- Walzgeschwindigkeit von 4 – 6 km/h (geringe Fahrgeschwindigkeit erhöht die Zeitdauer der Druckeinwirkung und vermindert dadurch die Elastizität des Häckselgutes).
- Mehrfache Überfahrt (mindestens dreimal).
- 2 – 3 Minuten Verdichtungsaufwand pro Tonne Erntegut.
- Je Walzfahrzeug (bei ausreichendem Gewicht) nicht mehr als 15 – 20 t TM Bergeleistung je Stunde.

Organisatorisch sind diese Verdichtungsempfehlungen an die Bergeleistung der Erntemaschinen geknüpft. Je höher die Ernteleistung, umso größer sind die Anforderungen an die Arbeitsorganisation am Silo, um oben genannte Verdichtungsempfehlungen umzusetzen.

Die Silogeometrie richtet sich grundsätzlich nach dem Vorschub, der im Winter bei 1,5 m/Woche und im Sommer bei 2,5 m/Woche liegen soll. Bei schmalen Silos und gleichzeitig hoher Ernteleistung empfiehlt es sich, zwei Silos anzulegen, so dass parallel eingelagert und verdichtet bzw. mit zwei Walzfahrzeugen verdichtet werden kann. Bei ausreichend großem Tierbestand und hoher Ernteleistung sind Silos von mindestens 7 – 8 m Breite zu empfehlen, die eine zügige Befüllung und intensives Verdichten ermöglichen. Eine maximale Füllhöhe von bis zu 6 m sollte nicht überschritten werden. Grundsätzlich sollten die Längen der Silos flexibel erweiterbar sein.

In vielen Betrieben sind die Voraussetzungen für einen optimalen Vorschub noch nicht gegeben, d. h. die Silos sind meistens zu breit und/oder zu kurz. Besonders für die wärmere Jahreszeit empfiehlt es sich, lange und schmale Silos anzulegen, die einen hohen Vorschub ermöglichen. Hilfreich ist hier die Durchführung einer Siloanlagenplanung, wie sie der Autor oder die Beratung anbieten.

Walztechniken

Als Walzaggregate stehen aufballastierte Schlepper, Radlader, Rüttelwalzen und Spezialsilowalzen zur Verfügung. Während Walzschlepper die eigentliche Verdichtungsarbeit vornehmen, weisen Radlader den weiteren Vorteil auf, Siliergut auf das Silo tragen und verteilen zu können. Spezielle Rüttelwalzentechnik eignet sich nur für Häckselgut wie Maissilage bei Fahrsilos mit Seitenwänden für die Biogasverwendung. Spezialsilowalzen wie z.B. die Silowalze aus gebrauchten Waggonrädern zeigen eine bis 10 % höhere Verdichtungsleistung auf und sind daher empfehlenswert. In ersten Versuchen zum Einsatz des ‚Pistenbullys‘ auch in Grassilage konnte NUSSBAUM (2010) zeigen, dass diese Gerät über seine hohe Verteilleistung und geringe Schichtdicke zum Anwalzen geeignet ist, den Engpass der Walzarbeit in der Erntekette zu minimieren.

Die Berechnung der Walzgewichte richtet sich nach der Bergeleistung. Es gilt die Faustregel: Bergeleistung in Tonne Frischmasse je Stunde geteilt durch den Faktor 4 entspricht dem notwendigen Walzgewicht beim Einsatz des Feldhäckslers (1 Walzfahrzeug bei Grassilage 15 – 20 t TM/h). So erfordern 50 t/h Bergeleistung mindestens 12,5 t Walzgewicht. Beim Ladewageneinsatz gilt der Faktor 3.

Flachsiloanlagen mit festen Silowänden bieten im Vergleich zu Freigärhaufen Vorteile. Zum einen erlauben sie eine bessere Verdichtung, zum anderen besitzen sie eine geringere Silooberfläche und somit weniger Problemzonen. Die Verdichtung der Randbereiche ist in Silos mit schräg stehenden Wänden (sog. Traunsteinersilos) problemloser durchzuführen.

Verdichtung im Folienschlauch

Die Konservierung von GPS im Folienschlauch passt sowohl an das Ende einer Feldhäckslerkette als auch zum Ladewagenverfahren. Zur Befüllung der Silopresse (Rotormaschine) kommen entsprechend Rückwärtskipper und Ladewagen zum Einsatz. Ähnlich der Einlagerung im Fahrsilo kommt es auch hier darauf an, einen konstanten Massenstrom zu verarbeiten. Silopressen werden in Deutschland in unterschiedlichen Leistungsklassen angeboten, je nach Bedarf können durchschnittlich 100 t/h in den Schlauch gepresst werden, für größere Betriebe oder z.B. Biogasanlagen gibt es auch Maschinen mit 150 t/h Leistung. Damit passt das Verfahren auch in leistungsstarke Ernteketten. Aufgrund des schnellen

Luftabschlusses bei der Einlagerung im Schlauch sind die Verluste sehr gering. Für eine gute Verdichtung sind bei GPS Häcksellängen von 4-6 mm und ein TM-Gehalt von 35% unbedingt einzuhalten.

Rotormaschinen werden mit einem Gitter und/oder Ankersystem angeboten. Ein Gitter am Ende des Schlauches, das wiederum über Seiltrommeln mit der Maschine verbunden ist, sorgt für den Druckaufbau bei der kontinuierlichen Zufuhr von Anwelkgut über einen Rotor in den Schlauch. Durch das Füllen des Schlauches wird die Maschine samt Schlepper nach vorne geschoben. Diesem Druck wird durch Regulierung des Bremsdruckes über die Seiltrommeln entgegengewirkt – nach diesem Prinzip erfolgt die Steuerung der Verdichtung im Schlauch. Dazu kontrolliert der Maschinenbediener die Foliendehnung (Dehnung der Folie um maximal 10%) und stellt den Bremsdruck entsprechend ein. Die Schlauchfolie hat eine Nenndicke von bis zu 240 µm, abhängig vom Schlauchdurchmesser. Es werden hohe Qualitätsanforderungen an die Folie gestellt (Reißfestigkeit, Reißdehnung) - die Foliendicke alleine ist als Qualitätsparameter nicht entscheidend. Die Schlauchlänge ist hier auf ein Maximum von 90 m begrenzt.



Bild 11: Das Einhalten des optimalen TM-Bereiches von 35-45% sichert eine aerobe Stabilität im Folienschlauch

Rotormaschinen mit Ankersystem verzichten auf ein Gitter und arbeiten stattdessen mit ein bzw. zwei Anker (je nach Schlauchdurchmesser). Diese werden zunächst durch den Gutstrom in den Schlauch gezogen. Die Länge des Seils, an dem der Anker hängt, entscheidet über die Höhe des Pressdruckes. Am Schlauchende muss der Anker eingezogen werden, ein Auflockern des Materials erfolgt nicht, da sich dieses durch das Eigengewicht wieder zusammendrückt. Durch den Verzicht auf Gitter und Seiltrommel sind Schlauchlängen von bis zu 150 m möglich. Bei einem Durchmesser von 3,60 m erzielt man damit Lagermengen von 1.000 t pro Schlauch

Auch die Verfahrensleistung ist bei den Ankermaschinen größer, da ohne den Gitterwechsel die Rüstzeiten für den Schlauchwechsel halbiert werden.

Mit dem Schlauchdurchmesser (verschiedene Durchmesser zwischen 1,50 m und 3,60 m) steigt die Füllmenge je laufendem Meter und damit die Lagermenge je Schlauch (Tab.13). Für welchen Durchmesser man sich entscheidet, hängt neben dem Vorschub auch von der Verfügbarkeit der Maschinen ab. Die vergleichsweise kleine Anschnittfläche begünstigt einen hohen Vorschub, der zur Qualitätssicherung unbedingt erforderlich ist.

Das Einsatzspektrum der Rotormaschinen reicht von Anwelksilagen, Maissilagen, Ganzpflanzen, Feuchtmais bis hin zu Substraten der weiterverarbeitenden Agrarindustrie (Pressschnitzel, Biertreber).

Tab. 13: Füllmengen im Siloschlauch in Abhängigkeit vom Schlauchdurchmesser und Siliergut (WAGNER, 2006)

Schlauchdurchmesser (m)	Füllmengen (t FM / lfd. Meter)		
	Anwelksilage, Maissilage, GPS 30 % TM	Zuckerrüben-Pressschnitzel 22 % TM	Feuchtmais gequetscht 70 % TM
1,65	1,4	1,5	1,6
1,95	1,7	1,8	1,9
2,40	3,3	3,5	4,3
2,70	3,8	4,1	4,9
3,00	4,6	5,0	6,0

4.2.3 Abdeckungsmanagement

Meistens reichen die Silierarbeiten bis tief in die Abend- oder Nachtstunden. Da ist es durchaus verständlich, wenn manch einer sein Silo erst am nächsten Tag abdeckt. Dies hat jedoch weitreichende negative Auswirkungen auf den Gärverlauf. Deshalb sollten die Silos gleich nach dem Nachwalzen zumindest mit einer Unterziehfolie abgedeckt werden. Die sorgfältige Abdeckung mit einer weiteren, dickeren Folie kann am kommenden Tag erfolgen. Selbst wenn das Silo am nächsten Tag noch weiter befüllt wird, ist es sinnvoll, das bereits eingefahren Siliergut über Nacht abzudecken.

Neben der Verdichtung hat auch die Silierdauer einen direkten Einfluss auf den Gehalt an Hefen und Schimmelpilzen im Gärgut. Eine Lagerung von mindestens 6–8 Wochen sorgt dafür, dass die Keimzahl an Hefen und Schimmelpilzen im Silo

vermindert wird. Wenn außerdem heterofermentative Milchsäurebakterien als Siliermittel eingesetzt wurden, sollte das Silo unter keinen Umständen früher geöffnet werden.



Bild 12: Unterziehfolie sollte sofort nach dem Nachwalzen eingesetzt werden

Bei der Futterentnahme aus dem Silo ist die unvermeidliche Lufteinwirkung auf ein Mindestmaß zu begrenzen. Deshalb sollte der Anschnitt auch nicht in der Hauptwindrichtung liegen. Ein Herausreißen von Siliergut ist ebenso zu vermeiden wie eine Auflockerung des Futterstocks. Außerdem muss die Plane über dem Anschnitt immer beschwert werden und darf nicht flattern, da sonst Luft in das Silo gepumpt wird.

5. Siliermittel

Da Getreideganzpflanzen in der Teigreife einen niedrigen Nitratgehalt aufweisen, besteht die Gefahr der Buttersäurebildung durch Clostridien, die man durch den Einsatz nitrat- bzw.- nitrithaltiger (keine Zulassung im Öko-Landbau) oder durch Milchsäurebakteriensiliermittel verhindern kann. Während der Einsatz von Siliermitteln auf Milchsäurebakterienbasis (Siliermittelgruppe 1 b und c; 2, 4a; 4b) sinnvoll ist, erübrigt sich ein Zusatz von vergärbare Substanz (z.B. Melasse) in der Regel. Zur Sicherung der aeroben Stabilität kommen auch die Siliermittel der Wirkungsrichtung 2 (Verbesserung der aeroben Stabilität) in Frage. Eine weitere Möglichkeit, die Silierbarkeit und auch die Ertragsfähigkeit von Getreideganzpflanzensilagen zu steigern, sind Untersaaten. Am günstigsten haben sich Weidelgräser erwiesen. Sie stellen neben Nitrat ausreichend Zucker für einen optimalen Silierverlauf zur

Verfügung und verbessern die Verdichtbarkeit des trockensubstanzreicheren Siliergutes.

GPS-Produkte sind leicht vergärbar und weisen meistens eine gute Gärqualität, aber ein hohes Instabilitätsrisiko bei der Entnahme auf. Ein Siliermitteleinsatz zu GPS'en soll daher eine mögliche Nacherwärmung mit oft folgender Schimmelbildung verhindern. Neu sind spezielle Milchsäurebakterien, die - über eine erhöhte Verdaulichkeit der Zellwandbestände - das Angebot an Futterenergie bei gleichzeitig erhöhter Stabilität der Silage verbessern sollen. Bei steigenden Substratkosten sollte es für Biogasanlagenbetreiber wichtig sein, Erntemassen möglichst verlustarm in Energie umzusetzen. Es werden spezielle Siliermittel für NaWaRo's angeboten, die neben der Verlustminderung auch eine verbesserte Gasausbeute bei gleichzeitig erhöhter Stabilität der Silage zum Ziel haben.

Arten und Wirkungen von Siliermitteln und -zusätzen

Zur sicheren Vermeidung von Stabilitätsrisiken und Schimmelbildungsgefahren bei GPS-Produkten gibt es DLG-geprüfte Zusätze der Wirkungsrichtung 2 (Abb. 11 + Tab. 14), die vorzugsweise als Flüssigprodukte während des Häckselns eingesetzt oder in Form einer Oberflächenbehandlung auf die gefährdeten Silopartien aufgebracht werden.

DLG-geprüfte Silierzusätze der WR 2 (Verbesserung der aeroben Stabilität)

Produktname	Wirksame Inhaltsstoffe	Formulierung - EUR/tFM	Vertrieb	
Biologische Mittel				
Bergo Lactosil ME 100	heterofermentative MSB	F	1,40	Bergophor
Bergo Lactosil fresh	heterofermentative MSB	F	0,72	Bergophor
Biocool	heterofermentative MSB, Enzyme	F	1,84	Agracis
Bonsilage Mais	hetero- und homoferm. MSB	F	1,20	Schau mann
Bonsilage plus	hetero- und homoferm. MSB	F G	1,75 1,98	Schau mann
Bonsilage CCM	hetero- und homoferm. MSB	F	1,20	Schau mann
Kofasil Life M	heterofermentative MSB	F	1,22	Addcon Agrar
Kofasil Life S	heterofermentative MSB	F	0,85	Addcon Agrar
Nawaro Sil	heterofermentative MSB	F	1,50	Bio-Energie AG
Sila-Bac Stabilizer	heterofermentative MSB	F	1,90	Pioneer
11 GFT/CFT	hetero- und homoferm. MSB	F	2,60	Pioneer
Chemische Mittel				
Bergo Silostabil	25% Na-Benzoesäure, 10% Na-Propionat	F	5,47	Bergophor
Bergo Silostabil G	10% Na-Benzoesäure, 10% Na-Bisulfit	G	3,43	Bergophor
Kofa Grain - ph 5	45 % Propionsäure, 14% Na-Benzoesäure	F	7,50	Addcon Agrar
Luprosil	99,5 % Propionsäure	F	7,75	BASF
Lupro Mix NC	38 % Propionsäure, 34 % Ameisensäure	F	5,83	BASF
Mais Kofasil (Liquid)	25% Na-Benzoesäure, 10 % Na-Metabisulfit	F	5,48	Addcon Agrar
Mais Kofasil G	12 % Na-Benzoesäure, 8 % Na-Metabisulfit	G	3,48	Addcon Agrar
Kombinationsprodukte				
Bio-Sil-Stabil CCM	homofermentative MSB und Kaliumsorbat	F	2,43	Dr. Pieper
Feedtech Silage F 22	homofermentative MSB, Enzyme und Na-Benzoesäure	F	3,05	De Laval
Lactisil 200 NB	homofermentative MSB, Enzyme und Na-Benzoesäure	F		Medipharm

Abb. 11: DLG-geprüfte Silierzusätze der WR 2 (Verbesserung der aeroben Stabilität)

Milchsäurebakterien (MSB) he(=heterofermentativ=essigsäurebildend) oder Kombinationen mit ho(=homofermentativ=überwiegend milchsäurebildend) wirken durch eine Erhöhung der Essigsäure als Stabilisator unter Inkaufnahme von erhöhten TM-Verlusten bei der Vergärung (Abb. 12). Die Wirkungssicherheit dieser Zusätze ist im Vergleich zu chemischen Produkten geringer (Abb. 13) Spezielle selektierte Stämme haben zusätzlich unter Beweis gestellt, die Verdaulichkeit der Zellwand (dNF) zu erhöhen. Die Größenordnung des Einflusses auf die Energiedichte lässt sich mit 0,2 MJ NEL/kg TM beziffern. Ein Potenzial zur Erhöhung der Methangasausbeute konnte diese Mittelgruppe ebenfalls zeigen.

Tab. 14: Mittlere Effekte von DLG-geprüften Silierzusätzen zu GPS- und Maisprodukten

Silageart		GPS+Mais			
		Zusatztyp	MSB he	CHEM	KOMB *)
		Anzahl Silos	163	63	59
Ausgangsmaterial	TM	%	33	34	38
Silagen	pH		0,2	0,1	0,0
	Essigsäure	g/kg TM	14	-1	5
Differenz zur unbehandelten Kontrolle	TM-Verluste	rel. %	13,9	6,6	-3,3
	aerobe Stabilität	Tage	1,6	3,1	3,5

*) KOMB = Kombination aus MSB und CHEM

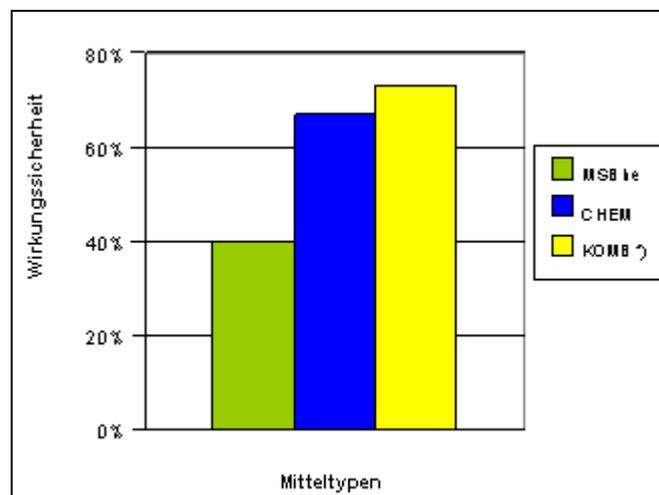


Abb. 12: Wirkungssicherheit verschiedener Silierzusatztypen zur Verhinderung der Nacherwärmung bei GPS- + Maissilage

Chemische Zusätze wirken in Bezug auf die Wirkungshöhe und –sicherheit am stabilsten, haben jedoch einen relativ hohen Preis (Abb. 11). Hier ist zwischen korrosiv und neutral wirkenden Zusätzen zu unterscheiden. Neutralsalze weisen Vorzüge in der Handhabung auf, da sie bei der Applikation nicht korrosiv wirken.

Kombinationsprodukte bestehen hauptsächlich aus MSB ho und einer chemischen Komponente wie K-Sorbat oder Na-Benzoesäure. Einige Produkte erfordern zwei Dosierer am Ernteaggregat, Fertigprodukte dagegen können auch direkt über ein Gerät appliziert werden.

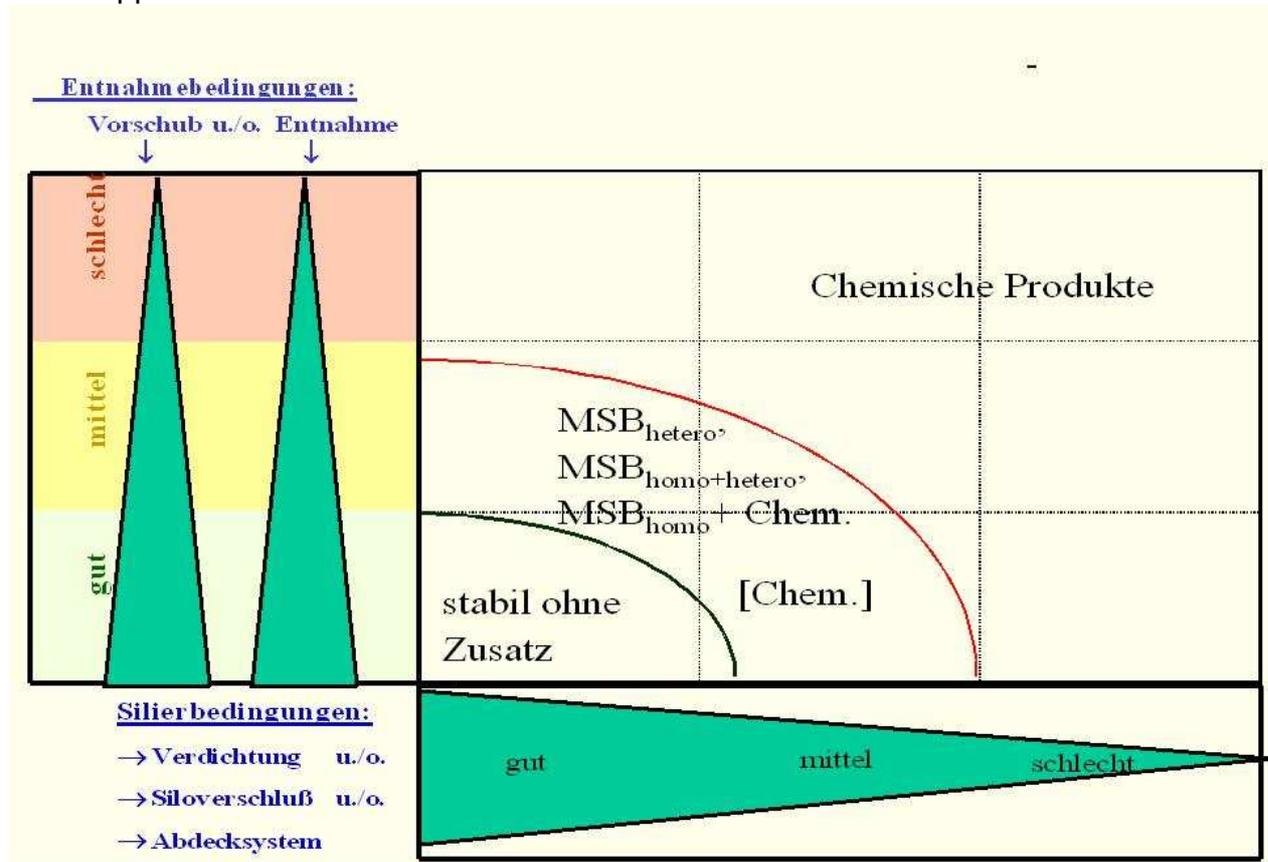


Abb. 13: Einsatzempfehlungen für DLG-geprüfte Siliermittel der Wirkungsrichtung 2

5.1 Mittelwahl und Einsatzempfehlungen in der Praxis

Die Ergebnisse der Auswertung der 15-jährigen DLG-Gütezeichen-Versuche wurden in einer Einsatzempfehlung (Abb. 13) des Bundesarbeitskreises Futterkonservierung formuliert. Demnach ist ein Silierzusatz zur Sicherung der Silagehygiene und Vermeidung der aeroben Instabilität unter perfekten Silier- und Entnahmebedingungen nicht notwendig. In der Praxis sind diese Bedingungen aber bei folgenden Gegebenheiten schwierig erreichbar:

- Silos ohne Seitenwände
- Silagemenge oberhalb der Seitenwände
- Siloanlagen mit großen Stapelhöhen > 5 m (lange Flanken)
- Sommersilagen
- GPSen mit Verdichtungswerten unter dem Sollwert

In allen diesen Fällen sollte ein für die jeweilige betriebliche Situation passender Silierzusatz – auch vorbeugend – gegen Nacherwärmung und mögliche suboptimale Silagehygiene eingesetzt werden. Ein solcher Einsatz ist immer wirtschaftlich, da die Verluste durch Erwärmung und mögliche negative Folgen bei der Verfütterung minderwertiger Silagepartien stets teurer sind.

Tab. 15: Wirtschaftlichkeit des Silierzusatzeinsatzes zur GPS-Silierung (in €/ha)

	MSB he	CHEM
TM-Verluste	-128	-71
Aerobe Instabilität vermieden	128	248
höhere Energiekonzentration	48	24
Summe	49	202
Kosten Siliermitteleinsatz	46	193
Differenz	3	9

Annahmen: Vollkosten der GPS Produktion 1600 €/ha

Ertrag und Qualität: 120 dt TM/ha, 6,6 MJ NEL/kg TM

TM-Verluste im vergl. zur Kontrolle: MSB he: 1%, CHEM: 0,5%

Aerobe Instabilität: Energieverluste: 6,7% pro Tag, TM-Verluste 10% pro Tag
(jeweils bezogen auf 30% des Hektarertrages)

Zunahme der Energiekonzentration: MSB he: 0,2 MJ NEL/kg TM, CHEM: 0,1 MJ NEL/kg TM

Welche Produkte unter welchen Bedingungen ?

In der Winterfütterung kann bei optimalen Bedingungen (Vorschub >2 m pro Woche) auf den Einsatz von Silierzusätzen zu GPS verzichtet werden. In der Sommerfütterung sollte die aerobe Stabilität durch die Zugabe von MSB ho/he oder MSB he auch bei guten Bedingungen und ausreichendem Vorschub von mehr als 2 m pro Woche gesichert werden. Befindet man sich im suboptimalen Bereich der Silageerzeugung, kann auf den Einsatz von entsprechenden Präparaten nicht verzichtet werden. Bei Silos ohne Seitenwände ist aufgrund der mangelnden Verdichtung im Böschungsbereich eine Kantenbehandlung mit chemischen Zusätzen angeraten. Bei nicht ausreichend verdichteten Silagen und/oder Stapelhöhen > 5 m sollten ebenfalls chemische Zusatzstoffe die Mittel der Wahl sein. Gleiches gilt für Silagemengen oberhalb der Seitenwände.

Wirtschaftlichkeit des Silierzusatzeinsatz

Die Vollkosten der GPS-Produktion betragen derzeit rund 1600 €/ha. Aus ökonomischer Sicht ist der Einsatz von Siliermitteln daher schnell gerechtfertigt. Es entsteht ein Mehrgewinn von 3 €/ha bei MSB he bzw. 9 €/ha bei chemischen Mitteln

(Tab. 15). Die chemischen Zusätze kompensieren dabei die höheren Mittelkosten durch eine um 1,5 Tage höhere aerobe Stabilität im Vergleich zu den MSB he (Abb. 12). Ausgehend davon, dass die aerobe Instabilität je Tag 6,7 % Energie- und 10 % TM-Verluste herbeiführt und von diesen Verlusten 30 % des Hektarertrages (Anschnittfläche) betroffen sind, führt die Vermeidung der Instabilität zu einem Mehrgewinn von 128 bzw. 248 €. Demgegenüber fallen beim Einsatz der Siliermitteln die TM-Verluste während des Silierprozesses um 0,5 % bei chemischen bzw. um 1 % bei MSB he-Präparaten höher aus als die unbehandelte Kontrolle. Als positiver Nebeneffekt kann eine Erhöhung der Energiekonzentration um 0,1 bei chemischen bzw. 0,2 MJ NEL/kg TM bei MSB he erreicht werden. Dieses kann zu einem Gewinn von 24 € beim Einsatz von MSB bzw. 48 € beim Einsatz von chemischen Zusätzen führen.

Fazit Siliermitteleinsatz

Für eine hohe Leistung aus GPS sind eine perfekte Siliertechnik und ein gutes Siliermanagement erforderlich. Siliermittel weisen das Potential zur Qualitätssicherung und -verbesserung bei sachgerechtem Einsatz auf.

Grundlage eines wirtschaftlich erfolgreichen Siliermitteleinsatzes ist die Beherrschung perfekter Siliertechnik und die richtige Einschätzung des zu silierenden Materials. Bei der GPS-Silierung spielen Zusätze zur Sicherung der aeroben Stabilität die größte Rolle. Von den 120 verschiedenen Produkten auf dem deutschen Markt sind über 60 % Siliermittel mit DLG-Gütezeichen (www.guetezeichen.de), die sich bei sachgerechtem Einsatz über den Nachweis einer gesicherten Wirkung in Richtung Sicherung und Verbesserung der Silagequalität empfehlen.

5.2 Dosiertechniken und -management

Voraussetzung für eine optimale Wirksamkeit von Silierzusätzen ist die homogene Verteilung im Futter durch gleichmäßige Dosierung des Mittels und gute Benetzung des Siliergutes. Diese Forderung wird am besten mit einem für das jeweilige Siliermittel geeigneten Dosiergerät am Ernteaggregat (Exakthäcksler, Ladewagen, Presse) erreicht. Sowohl biologische als auch chemische Siliermittel werden entweder in streufähiger Form als Granulat/Pulver oder in flüssiger Form als Säure, Siliersalzlösung oder als wasserlösliches Konzentrat angeboten. Die Flüssigdosierung bietet in der Praxis die gleichmäßigere Verteilung der Wirkstoffe verglichen mit der streufähigen Applikationsform. Mit der Flüssigdosierung erfolgt eine Benetzung des zu behandelnden Gutes insbesondere auch bei höheren Trockenmassegehalten ohne Rieserverluste.

Dosiertechnik und Aufwandmenge

Um alle in der Praxis vorkommenden Silierbedingungen abzudecken, hat es sich bewährt, über eine ausreichend dimensionierte Flüssigdosiertechnik zu verfügen, die es ermöglicht, alle Siliermittelarten – je nach Bedingungen des Ausgangsmaterials – einzusetzen. Siliermittel wirken nur da, wo sie auch hingelangen, so dass sie möglichst homogen mit der Silage vermischt werden müssen. Am sichersten geschieht dies mit einem Dosiergerät am Ernteaggregat. Die Flüssigapplikation ist aufgrund der größeren Flexibilität und Wirkungssicherheit generell gegenüber der Granulat- oder Pulverform zu bevorzugen. Andere Dosiertechniken wie die Oberflächen- oder Kantenbehandlung auf dem Silo sind mit Hilfe von Flüssigdosierern oder Salzstreuern am Walzschlepper praktikierbar.



Bild 13: Ein wirtschaftlicher Zusatzeinsatz hängt immer an einer gut funktionierenden Dosiertechnik am Ernteaggregat

Bei allen Siliermitteln ist die vom Hersteller empfohlene Aufwandmenge peinlichst genau einzuhalten, sollen die gewünschten Wirkungen nicht ausbleiben. Unter- und Überdosierungen sind zu vermeiden. Das gilt neben den chemischen Zusätzen auch für die biologischen Mittel auf Milchsäurebakterienbasis. Das DLG-Gütezeichen für Siliermittel ist für alle Produkte nur für die vom Hersteller angegebene Konzentration vergeben worden. Wenn die Aufwandmenge reduziert wird, entfällt der Wirkungsnachweis.

Die Aufwandmenge hängt von der Futterart und der Höhe des vorliegenden Frischmasseertrages bzw. von der Durchsatzleistung des Ernteaggregates pro Stunde sowie vom Trockenmassegehalt des Siliergutes ab. In der Praxis hat sich zur Ermittlung der exakten Aufwandmenge eines Silierzusatzes die Wägung von drei Silierwagen und die Abschätzung des Trockenmassegehaltes zur Ernte mit

anschließender optimaler Einstellung der Dosiergeräte bewährt. Mittels der Wringprobe oder der Mikrowellenmethode muss laufend während des Erntevorganges der TM-Gehalt überprüft werden. Diese Kontrollarbeit wird bei Häckslern durch eine eingebaute Technik zur Bestimmung des Trockenmassegehaltes als kontinuierliche Messung während des Erntevorganges und zur Ertragserfassung angeboten.

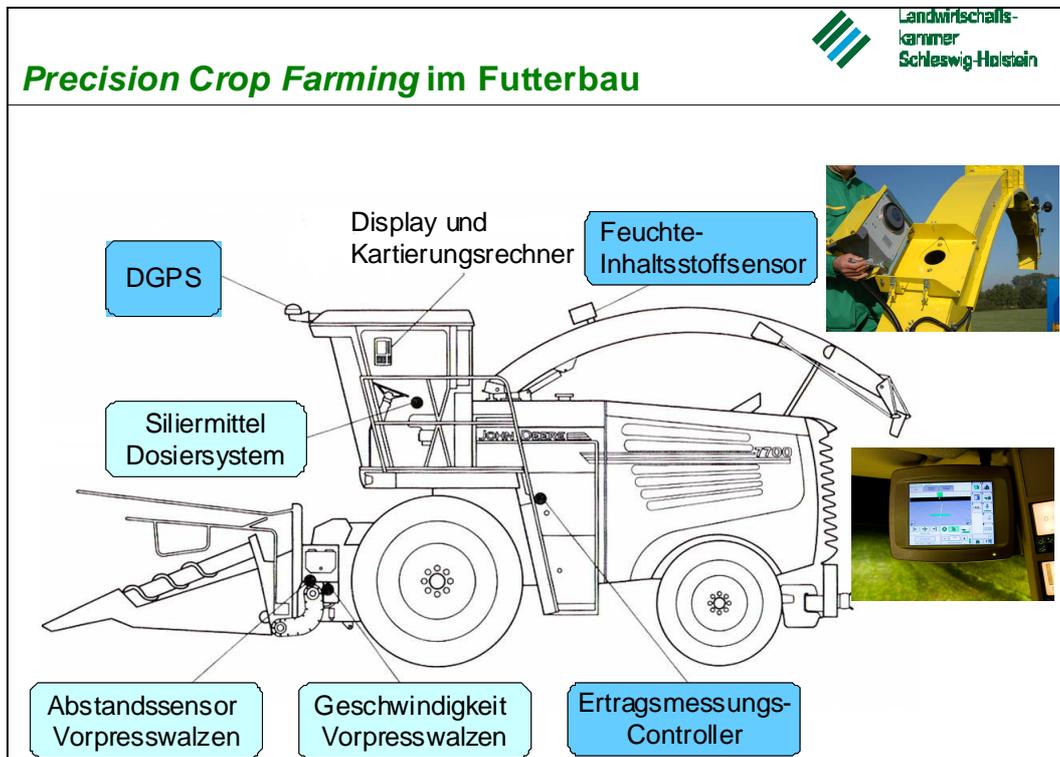


Abb. 14: Siliermitteldosierung aufgrund der gemessenen Erträge und TM-Gehalte beim Exakthäckslers (WAGNER 2006)

Wenn ein Siliermitteldosierer installiert ist, der mit der Elektronik des Häckslers kompatibel ist, kann die Steuerung der Dosiermenge nicht nur die Genauigkeit der Siliermittelapplikation sondern auch den fließenden Siliermittelwechsel (bei mehreren Vorratsbehältern und entsprechender Pumptechnik auf dem Aggregat) ermöglichen. Dies entlastet den Fahrer und garantiert eine wirtschaftliche Siliermittelwirkung.

Bei allen Siliermitteln ist die Wirkung an eine möglichst gleichmäßige Verteilung im Siliergut gebunden. Beim Feldhäckslers bieten sich viele Orte der Einbringung der Siliermittel an, zum Beispiel vor den Vorpressewalzen, in die Trommel oder am Auswurfkrümmer, da überall eine gleichmäßige Vermischung erfolgen kann. Die Applikation oberhalb der Vorpressewalzen ermöglicht gleichzeitig eine Kontrolle über den Dosierstrom des Siliermittels. Bei Ladewagen und Pressen sollte die Dosierung oberhalb der Pick-up erfolgen, um eine gute Durchmischung zu gewährleisten.

Sowohl für den Landwirt als auch für Lohnunternehmer sind für jeden Einsatzzweck geeignete Dosiergeräte am Markt erhältlich. Eine Marktübersicht zu Siliermitteldosiergeräten enthält das Handbuch „Futterkonservierung“ als Ratgeber für Landwirte, Berater und Dienstleister in Futterbaubetrieben. Erschienen ist das 353-seitige Buch in 7. Auflage im DLG-Verlag zum Preis von 24,90 € + 2,20 € Versandkosten. Bestellung bei:

Dr. J. Thaysen, Tel. 04331 9453-323, Fax 04331-9453-309, jthaysen@lksh.de

Weitere Firmeninfos zum Thema sind unterfolgenden Internetadressen erhältlich:

www.ahlmer.com, www.schaumann.de, www.silierung.de, [http:// public.pioneer.com](http://public.pioneer.com),
www.silaspray.de, www.silage.de, www.addcon.de

Technik für den Dienstleister

Im Rahmen der überbetrieblichen Silagebereitung ermöglicht ein säurefestes Flüssigdosiergerät mit einem Fassungsvermögen des Vorratbehälters von 400 Litern und einer Pumpenleistung von bis zu 6 Litern je Tonne Siliergut den flexiblen Wechsel von verschiedenen Flüssigprodukten für unterschiedliche Anwendungsbereiche, wie zum Beispiel den Milchsäurebakterieneinsatz zu Anwelksilage und den flüssigen Siliersalzeinsatz zu einer Feuchtsilage. Optimalerweise werden 2 Dosierer mit Vorratsbehälter als umschaltbare Techniken vorgehalten.

Technik für die Selbstmechanisierung

Für diesen Bereich empfiehlt sich je nach Silierzusatzwahl die einzusetzende Technik als Flüssigvariante. Die Mindestausstattung sind Bakteriendosierer mit relativ geringer Pumpenleistung, während die optimalere Ausstattung die Technik mit der größeren Pumpenleistung darstellt, um flexibel auch z.B. Siliersalzlösungen auszubringen.

Milchsäurebakterienapplikation

Prinzipiell setzt die zuverlässige Wirkung von Siliermitteln eine homogene Verteilung im gesamten Siliergut voraus. Das ist im besonderen Maße für Imp fzusätze aus Milchsäurebakterien erforderlich, da diese in sehr kleinen Mengen dem Siliergut zugesetzt werden. Trotz der geringen Ausbringungsmengen von 1–2 l/t für Milchsäurebakterien müssen mit den bisher weit verbreiteten Dosiergeräten und den heutigen Häckslleistungen große Wassermengen mitgeführt werden. Das ist zeit- und kostenaufwendig und insbesondere ein von Lohnunternehmern oft geäußelter Kritikpunkt. Daher wurden verschiedene Dosiertechniken entwickelt, die mit bis zu einem Hundertstel des bisherigen Ausbringungsvolumens (10-250 ml/t Siliergut) auskommen. Die technischen Lösungen dieser ULTRA-LOW-VOLUME-Dosierer reichen vom hochtourig arbeitenden Spezial-Zerstäuber bis zur Präzisions-Dosierpumpe im Gebläsestrom des Häckslerauswurfs bei Luftströmungsgeschwindigkeiten zwischen 40 und 70 m pro Sekunde. Ein weiterer Vorteil dieser

Technik ist die Verwertbarkeit von Restmengen durch Abnehmen des Konzentratbehälters und anschließender Kühlagerung.

Bei der Ausbringung von Kombinationspräparaten (z.B. MSB + K-Sorbat) sind entweder Fertigprodukte über ein Dosiergerät einzusetzen oder bei separater Ausbringung 2 Dosiergeräte erforderlich.

Ausbringung von chemischen Siliermitteln

Die bei der Silierung oder Konservierung auftretenden möglichen Schadkeime lassen sich mit einem **Säurezusatz** unterdrücken. Die Säure-Aufwandmengen der Silierung liegen zwischen 2 und 6 l/t Siliergut, bei der Konservierung oft >10 l/t z.B. für Feuchtgetreide. Dabei sind säurefeste Pumpen mit entsprechender Pumpenleistung erforderlich, da Säuren bei Kontakt Metalle angreifen. Zur Minderung der Korrosion am Ernteaggregat ist eine Dosierung am Auswurfkrümmer des Exakthäckslers zu praktizieren, da das Mittel so möglichst wenig mit dem Aggregat in Berührung kommt. Allerdings ist die Dosiergenauigkeit bei derartiger Vorgehensweise aufgrund von Abdampfung und mangelnder Vermischung nicht optimal, was bedeutet, dass die Aufwandmenge um ca. 10 % erhöht werden muss. Bei Ladewagen- oder Presseneinsatz und an Transportwagen ist eine gewisse Lackablösung unvermeidbar. Generell sind nach der Behandlung die Fahrzeuge gründlich zu reinigen und vor weiterer Korrosion mit konservierende Maßnahmen zu schützen. Bei der Anwendung ist jeglicher Hautkontakt zu vermeiden, d.h., dass Tragen einer geeigneten Schutzkleidung ist erforderlich. Im Übrigen sind die auf den Gebinden aufgedruckten Sicherheits- und Warnhinweise der Hersteller zu beachten.

Siliersalzösungen mit ähnlicher Wirkung wie reine Säuren sind entweder durch Komplexbindungen oder durch Abpufferungen mittels Überführung der Säuren in Salze deutlich weniger ätzend und weniger korrosiv. Daher ist ihr Einsatz wesentlich unkomplizierter im Umgang. Die säuernde Wirkung tritt zumeist erst beim Kontakt mit dem Siliergut ein, so dass korrodierende Lackablösungen vermeidbar sind.

Siliersalze in Pulverform erfordern Salzstreuer, die über Ausbringungsschnecken die gleichmäßige Einbringung des Salzes ermöglichen. Für Großhäckslers mit Bergeleistungen >200 t Siliergut/h scheiden diese Techniken aufgrund zu geringer Durchsatzleistungen aus.

Oberflächen- und Kantenbehandlungen bei der Anlage von Silos

Trotz intensiver Walz- und Verdichtungsleistung sind die Oberflächen und Kanten die Zonen eines Silos, die schlechter als der übrige Silostock verdichtet und aufgrund eines größeren Porenvolumens anfällig für Nacherwärmung und Schimmelbildung sind. Bei Siloanlagen mit luftdurchlässigen Seitenwänden ist generell eine Verhinderung des Luftsauerstoffeintrittes durch eine Folieneinhängung vorzunehmen.

Sowohl die Kanten als auch die Oberflächen lassen sich mit flüssigen oder streufähigen Additiven mit geeigneter Dosiertechnik am Walzschlepper bei anschließender Einarbeitung zum Beispiel mit einer Kreiselegge behandeln. Die Ausbringung mittels Gießkanne ist eine arbeitsintensive Notlösung, die den Nachteil der ungleichmäßigen Einbringung aufweist.

Anschnittflächenbehandlung bestehender Siloanlagen

Gering verdichtete Silofutterstöcke oder längere Entnahmepausen erfordern die Behandlung der Anschnittflächen, um das Siliergut vor Verderb zu schützen. Hierzu eignen sich nur flüssige Präparate, da eine vertikale Fläche zu behandeln ist. Vorteilhaft für das tiefere Eindringen des Zusatzes ist ein vorheriges Ansträgen der zu behandelnden Flächen. Dann wird mittels einer säurefesten Rückenspritze oder mittels einer Pumpe mit angeschlossener Lanze ein geeignetes chemisches Siliermittel ausgebracht und anschließend das Silo gut verschlossen.

Fazit Dosiertechniken

Die wirtschaftlichste Form der Silierzusatzdosierung ist die Flüssigdosierung am Ernteaggregat. Das zu behandelnde Siliergut muss entweder manuell hinsichtlich TM-Gehalt und Ertragsleistung eingeschätzt oder am Häcksler elektronisch erfasst werden. Die Einhaltung der Aufwandmengen und die richtige Mittelwahl entsprechend den Eigenschaften des Siliergutes gewährleisten eine gute Mittelwirkung beim Einsatz DLG-geprüfter Produkte. Für alle Ernteaggregate und Einsatzbereiche sind geeignete Dosiertechniken am Markt erhältlich.

6. Erträge

Die TM- und Energieerträge von GPS'en hängen von der Bodenart, der Arten- und Sortenwahl, der Stellung innerhalb der Fruchtfolge, vom Korn:Stroh-Verhältnis, vom Erntezeitpunkt, vom Bestandes- und Siliermanagement sowie von jahresbedingten Witterungsverläufen ab. Tab. 16 enthält Angaben zum TM- und Energieertrag für den konventionellen GPS-Anbau mit Nutzung in der Milch-Teigreife. Wird ein Bestand als Notlösung als GPS genutzt, ist der Ertrag oft niedriger anzusetzen. Im ökologischen Landbau sind generell bei sonst gleichen Bedingungen die Erträge um bis zu 30% niedriger anzugeben. Um diese Erträge einordnen zu können, sind in Tab. 17 auch andere ausgewählte Fruchtarten mit ihren Ertragsstrukturen dargestellt.

Als Faustregel gilt: Kornertrag X Faktor 1,5 = zu erwartender GPS-Ertrag in dt TM/ha

Tab. 16: GPS-Erträge in Abhängigkeit von der Getreideart und Energiedichte im konventionellem Landbau in SH

Art	Ähre/Stroh-Verhältnis	Ertrag TM dt/ha	NEL MJ/kg TM	Energieertrag GJ/ha
WW	1:0,8-1,2	190-230	6,2	118-143
TW	1:0,8-1,1	170-200	6,0	102-120
WG	1:0,8-1,0	150-170	5,8	87-99
WR	1:1,3-1,4	170-210	5,3	90-111
SG	1:0,8-1,1	120-150	5,6	67-84
HA	1:0,8-1,0	110-140	5,3	58-74

7. Gebrauchswerte von GPS

Der Gebrauchswert einer Silage ergibt sich aus der Summe des Futterwertes und der an- und aeroben Stabilität unter Lager- und Entnahmebedingungen (Tab. 18).

Tab. 18: Silagequalität

Futterwert	Gärqualität Anaerobe Stabilität	Lagerfähigkeit Aerobe Stabilität
NEL, Rohfaser, Rohprotein, (Stärke), Sand	TM, pH, Buttersäure Essigsäure	Verdichtung, Temperatur, Häcksellänge, Schimmel Hefen

Silagequalität hängt nicht nur von MJ NEL/kg TM ab...



Bild 14: Kurz gehäckselte GPS weist zerschlagene Körner und aufgesplissene Halme auf

Tab. 17: Futterbau-Erträge in SH zum Vergleich

Durchschnittliche Erträge und Qualitäten von Futterbaufrüchten in SH

Landwirtschaftskammer SH, Abteilung Pflanzenbau/Pflanzenschutz/Landtechnik

Futterart	Einheit	Dauergrünland ¹⁾	Dauergrünland	Dauergrünland	Dauergrünland	Dauergrünland	Ackergras ²⁾	Ackergras	Ackergras	Ackergras	Ackergras	GPS-WW ³⁾	GPS-SGE ⁴⁾	Silomais	Futterroggen	Silomais als Zweitfrucht
Aufwuchs		1.	2.	3.	4.	gesamt/a	1.	2.	3.	4.	gesamt/a				Ernte im Ahrenschiebe	nach Futterroggen
Kenngroße																
Erträge																
Frischmasseertrag	dt/ha	180	160	100	70	510	280	200	180	210	870	390	300	450	250	300
Frischmasseertrag 5)	m ³ /ha	23	20	13	9	64	35	25	23	26	109	49	38	56	31	38
Trockenmasseertrag 6)	dt/ha	29	26	16	11	82	45	32	29	34	139	137	90	149	40	48
Energieertrag	GJ/ha	18	15	9	7	50	54	38	29	40	161	150	117	99	24	30
Rohproteinertrag	dt XP/ha	5	4	2	2	13	3	2	2	2	9	9	5	49	10	16
Qualität																
Rohproteingehalt	% TM	17	16	15	16		6,6	6,1	5,9	6,0		6,4	5,9	33	25	33
Energiedichte	MJ NEL/kg TM	6,4	6,0	5,8	6,0		12	12	10	12		11	13	6,7	6,0	6,2

¹⁾ Dauergrünland: 4-5 jährige Nutzung, DW-betont

²⁾ Ackergras: Mischung A 1

³⁾ GPS-WW: Ganzpflanzensilage aus Winterweizen, Kornertrag > 90 dt/ha

⁴⁾ GPS-SGE: Ganzpflanzensilage aus Sommergerste und Erbsen

⁵⁾ Frischmasseertrag: Verdichtung 800 kg FM/m³

⁶⁾ Trockenmasseertrag: Anwelkgrad, bzw. Abreifegrad: 35 % TM

7.1 Rohnährstoffe und Energiegehalte

Die Ergebnisse der Grobfutteruntersuchung aus SH (Tab. 18) zeigen im Mittel aller produzierten GPS-Arten eine relativ proteinarme Silageart mit mittleren Stärkegehalten. Der mittlere TM-Gehalt von 40 % legt dar, dass der optimale Erntezeitpunkt (Abreifegrad) in der Praxis weitgehend eingehalten wird. Aus der Tabelle wird aber auch deutlich, dass die Bedeutung der GPS-Erzeugung in der Rinderhaltung stark rückläufig war. Erst seit dem Biogasboom ist wieder eine Bedeutungszunahme zu verzeichnen. Der Energiegehalt wurde mit der Formel $NEL \text{ MJ/kg TM} = 8,25 - (\% \text{Rohfaser TM} * 0,1)$ als Schätzgleichung für SH ermittelt. Hintergrund ist die Tatasche, dass aufgrund der höheren Kornerträge in SH im Vergleich zum Bundesdurchschnitt, die aus der DLG-Gleichung ermittelte Energiedichte für SH unrealistisch niedrige Werte aufweist.

Tab. 18: Qualität der Ganzpflanzensilagen (GPS) 1997-2000 SH

Qualität der Ganzpflanzensilagen (GPS) 1997 - 2000 SH											
Jahr	Anzahl	TM %	in der Trockensubstanz								
			PRot %	nXP g	RNB g N	XF %	Stärke %	Energie* MJNEL	Ca g	P g	Na g
1997	361	40,7	9,9	122	-3,7	22,3	25,2	6,02	2,7	2,6	0,2
1998	165	41,1	9,8	122	-3,9	21,7	24,0	6,08	2,2	2,4	0,4
1999	145	40,2	9,6	121	-4,0	22,4	23,7	6,01	2,8	2,7	0,5
2000	90	39,8	9,8	123	-4,0	20,9	24,4	6,16	1,9	2,6	0,5
unter 5,6 MJNEL	3%	37,1	11,0	118	-1,30	28,1	11,9	5,53	3,2	4,3	0,6
5,6 - 6,0 MJNEL	19%	35,5	11,0	122	-2,00	24,2	17,2	5,83	2,6	2,8	0,6
6,0 - 6,4 MJNEL	48%	40,6	9,6	123	-4,20	20,9	24,8	6,16	1,8	2,6	0,5
über 6,4 MJNEL	27%	41,6	9,2	125	-5,20	18,1	29,2	6,45	1,5	2,3	0,3

* Energiedichte errechnet nach der Formel: $MJ \text{ NEL/kg TM} = 8,25 - (\% \text{XF} * 0,10)$

7.2 Verdaulichkeiten und Energiegehalte

Tab. 19 enthält für Weizen- und Gersten-GPS eine Zusammenstellung der Gehalte an umsetzbarer Energie (ME) und Nettoenergie-Laktation (NEL), wie sie aus Verdauungsversuchen an Schafen und Rindern oder aus in vitro-Versuchen abgeleitet wurden. Die Mittelwerte der NEL-Gehalte (5,4 MJ/kg TM) weisen Weizen- und Gersten-GPS als Silagen mäßiger Energiedichte in einer Größenordnung aus, wie sie für Silagen von typischen Dauergrünland- (z. B. Knautgras) bzw. Ackergräsern (z. B. Welsches Weidelgras) in bzw. nach der Blüte der Bestände gefunden wurden (UNIVERSITÄT HOHENHEIM - DOKUMENTATIONSSTELLE 1997), d. h. bei deutlich späterem Schnitt als zur Erzielung hoher Energiedichten in Grundfuttermitteln erforderlich. Ein etwas günstigeres Bild kann aus den Arbeiten

abgeleitet werden, die den Gehalt an ME ermittelten. Mit mittleren Werten von 10,0 MJ ME/kg TM werden Werte erreicht, die mit den tabellierten mittleren Werten für Knaulgras im Rispenschieben bzw. Welschem Weidelgras zu Beginn der Blüte übereinstimmen.

BRÜSEMEISTER et al. (2009) veröffentlichten folgende Gleichung für die Berechnung der ME auf Basis von 28 Verdauungsversuchen mit Schafen:

$$ME = 9.97 + 0.016268 \times XP - 0.007025 \times ADF \text{ (ME, MJ/kg TM).}$$

XP= Rohprotein, ADF= Acid detergent fibre

Diese Gleichung ist zukünftig zur breiten Anwendung empfohlen.

Tab. 19: Gehalte (MJ/kg Trockenmasse) an umsetzbarer Energie (ME) und Nettoenergie-Laktation (NEL) in Weizen- und Gerste-Ganzpflanzensilagen (SÜDEKUM et al. 1998)

Quelle / Anzahl Silagen	M	Art	ME	NEL
STAUDACHER und (1982) / 2	1	Gerste		5,3
		Weizen		5,1
HOLZER et al. (1985) / 1	2	Weizen	9,5	
KIM und HAN (1988) / 3	3	Gerste		5,0 / 5,2 / 5,3
HEINZL et al. (1989) / 6	2	Weizen		4,7 / 5,0 / 5,0
		Gerste		5,3 / 5,5 / 5,8
KIRCHGESSNER et al. (1989) / 12	1; 2	Gerste		5,7 / 5,9 / 5,5/
		Gerste		6,1 / 5,3 / 5,7
		Weizen		5,0 / 5,3 / 5,0/
				5,5 / 4,7 / 5,3
SCHWARZ et al. (1989) / 2	2	Gerste		5,5
		Weizen		6,0
MANNERKORPI (1990) / 8	1	Gerste		5,4 / 5,4 / 5,6
		Weizen		5,3 / 5,7 / 6,0/
				5,9/5,9
ADAMSON und REEVE (1992) / 1	3	Weizen	9,1	
MANNERKORPI und BRANDT (1993) / 7	1	Weizen	9,6/10,1/	
			10,3/10,0/	
			10,0 / 10,5 /	
			10,7	
BASTIMAN und PULLAR (1993) / 3	k.A.¹	Weizen	10,5/9,8/	
			10,9	
KOMPRDA und DOLELAL (1996) / 1	2	Gerste		6,3
Mittelwert / 46			10,1	5,4

1 auf der Basis von Verdaulichkeitswerten beim Schaf;

2 auf der Basis von Verdaulichkeitswerten beim Rind; 3 *in vitro*; k. A., keine Angaben

7.3 Gärqualität

Die TM-Gehalte von Gersten- (Tab. 20) und Weizen-GPS (Tab. 21) reichen von 16 bis zu 65 %. Diese enorme Streuung der Werte ist ein Ausdruck für die große Spanne an Entwicklungsstadien und damit einhergehenden Veränderungen im TM-Gehalt, zu denen Getreide für die GPS-Gewinnung geerntet werden kann. Der Mittelwert der TM-Gehalte von Weizen- und Gersten-GPS von knapp 40 % entspricht den Werten, die THOMSEN (2000) in Untersuchungen an GPS aus Praxisbetrieben Schleswig-Holsteins im Zeitraum von 1997 bis 2000 ermittelte.

Tab. 20: Gehalte an Trockenmasse und Asche sowie pH-Werte und Gehalte an Milchsäure und Buttersäure in Gerste-Ganzpflanzsilagen (SÜDEKUM et al. 1998)

	Anzahl Proben	Mittelwert	Minimum	Maximum
TM (%)	23	37,6	16,0	63,2
Asche (% TM)	14	7,3	4,8	17,3
pH	11	4,2	3,7	4,6
Milchsäure (% TM)	8	4,6	1,2	9,4
Buttersäure (% TM)	8	0,01	0	0,1

Tab. 21: Gehalte an Trockenmasse und Rohasche sowie pH-Werte und Gehalte an Milchsäure und Buttersäure in Weizen-Ganzpflanzsilagen (SÜDEKUM et al. 1998)

	Anzahl Proben	Mittelwert	Minimum	Maximum
TM (%)	35	39,2	23,2	65,4
Rohasche (% TM)	28	6,6	4,1	13,9
pH	28	4,6	3,4	8,8
Milchsäure (% TM)	19	5,5	1,1	9,7
Buttersäure (% TM)	14	0,12	0	0,4

Die große Variation in den Rohaschegehalten von 4,1 bis 17,3 % in der TM überrascht, weil das Erntegut für die Gewinnung von GPS - anders als bei Futtergräsern üblich - aus dem stehenden Bestand gewonnen wird, so dass die Gefahr einer Verschmutzung durch Bodenbestandteile grundsätzlich gering ist. Dennoch kommt als Ursache für hohe Rohaschegehalte vor allem eine durch unzureichende Erntetechnik bedingte Verschmutzung in Frage, wodurch an Bodenpartikeln haftende Clostridien und andere unerwünschte Mikroorganismen, die Fehlgärungen bewirken, in die Silagen gelangen können. Ein hoher Gehalt an Rohasche ist aufgrund des Verdünnungseffektes der energieliefernden Bestandteile der OM bezüglich des energetischen Futterwertes von Nachteil.

Die pH-Werte der Weizen- und Gersten-GPS lagen im Mittel bei 4,4 und damit zumindest für TM-reiche GPS (>30 % TM) auf einem erwünscht niedrigen Niveau. Die Gehalte an Milchsäure unterlagen ebenfalls großen Schwankungen. Im Mittel wurden etwa 5,0 % Milchsäure in der TM gefunden. Buttersäure wurde in vielen Silagen überhaupt nicht nachgewiesen und im Mittel wurden lediglich 0,1 bzw. 0,01 % in der TM von Weizen- und Gersten-GPS ermittelt. In einer umfangreichen systematischen Untersuchung zur Gärqualität von GPS fanden WEISSBACH und HAACKER (1988) jedoch in zahlreichen GPS, die hohe Gehalte an TM und niedrige

pH-Werte aufwiesen, auch hohe Gehalte an Buttersäure (bis zu 2,6 % in der Originalsubstanz).

7.4 Lagerstabilität

Obwohl systematische Erhebungen zur Lagerstabilität von GPSen fehlen, zeigen Praxisbeobachtungen und die Daten aus Siliermittelprüfungen, dass die aeroben Stabilitäten äußerst gering sind. Als wesentliche Ursache dürfte der Hefenbesatz benannt werden, der mit zunehmender Abreife der Bestände ansteigt. Da es sich vielfach um säuretolerante Arten handelt und die gebildete Milchsäure unter aeroben Bedingungen keinen Schutz gegen den möglichen Verderb darstellt, ist ein Silierzusatz zur Sicherung der Lagerstabilität (s. 5.1) meistens erforderlich.

8. Einsatz in der Milchviehfütterung

Werden die durchschnittlichen Silagequalitäten in Schleswig-Holstein (s. Tab 18) unterstellt, so zeigen sowohl die Fütterungsverfahren mit Transponder als auch die in Form der TMR (Totale Misch Ration), isoenergetische Austauschmöglichkeiten der Winterweizen-GPS mit Maissilage. Die bei beiden Silagen erforderliche Eiweißergänzung erfolgt entweder mit einem entsprechenden Milchleistungsfutter oder in Form Soja- und Rapsextraktionsschroten oder Rapsexpellen in Höhe von 1-2 kg pro Tier und Tag.

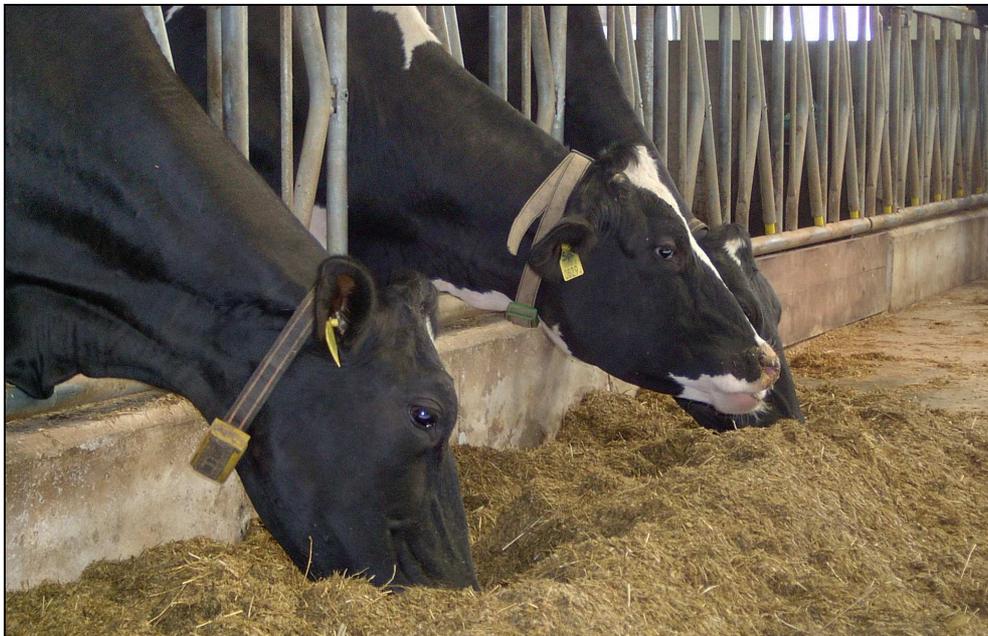
Für eine angenommene Milchleistung von 35 kg pro Tier und Tag ergeben sich die in der Tab. 22 dargestellten Futtermengen und Rationseckparameter. Auffällig sind die durch den GPS-Anteil erhöhten Struktur- und RNB-Werte, die auf eine Stabilisierung der wiederkäuergerechteren Rationsgestaltung durch die GPS anstatt der Maissilage schließen lassen. Die Erfahrungen bei der Verfütterung solcher Rationen bestätigen die gute Leistungsfähigkeit der GPS. Es kann gefolgert werden, dass eine um den Proteinmangel ergänzte GPS mit einer Energiedichte von über 6,2 MJ NEL/kg TM und bei einer für eine hohe Futteraufnahme optimalen Gärqualität, gute Leistungen erbringen kann.

Ähnliches gilt für Rationen auf Basis einer Erbsen-GPS (Tab. 23). Sowohl ein anteiliger Austausch von Grassilage als auch Maissilage kann durch die Erbsen-GPS vorgenommen werden.

Tab. 22: Rationen Maissilage contra Weizen-GPS (MAHLKOW-NERGE, 2000)

Futtermittel kg TM/Tier Tag	Rationen mit einem Milchleistungsfutter		TMR	
	Gras- und Maissilage	Gras- und GPS	Gras- und Maissilage	Gras- und GPS
Grassilage	6,5	6,5	6,5	6,5
Maissilage	6,5		6,5	
Weizen-GPS		6,5		6,5
Sojaex.			1	1
Rapsex.			1	1
Rapsexpeller			2	2
Melasse			1,5	1,5
Trockenschnitzel			2	2,7
Weizen (Körner)			2,3	
Mais (Körner)				2
MLF 18/III	10,5	10,6		
UDP (%)	21,1	19,7	23,9	24,4
RNB (g)	30	58	46	61
Strukturwert	1,32	1,47	1,36	1,54
Zucker+Stärke (%)	22,4	22,1	24,4	23,1

(35 kg Milch, 4,2 % Fett, 3,4 % Eiweiß, 23 kg
 Grassilage 1.S.2000 S.-H.: 180 g XP, 140 g nXP, +6,9 g RNB, 6,4
 Maissilage 2000 S.-H.: 77 g XP, 130 g nXP, -8,6 g RNB, 6,5
 Weizen-GPS: 6,15 MJ

**Bild 15.** Stets frisch vorgelegte, kalte GPS wird gerne in hohen Mengen aufgenommen

Tab. 23: Erbsen-GPS in der Milchkuration (MAHLKOW-NERGE, 2000)

Futtermittel (kg T/Tier und Tag)/ Rationseckdaten	Ration				
	1	2	3	4	5
Grassilage	5	3	1	-	-
Maissilage	3	5	6	7	4
Erbsen-GPS	3	5	6	6	9
MLF 18/III (kg)	12				
Milch aus NEL (kg)	35,0	35,0	35,0	34,9	35,1
Milch aus nXP (kg)	5,6	35,7	35,7	35,6	36,0
UDP (%)	21,6	21,5	21,8	22,2	21,1
RNB (g)	49	54	46	36	73
Strukturwert	1,25	1,16	1,08	1,04	1,02

9 Kosten

Auf Basis der Vollkosten bzw. als Zukaufkosten sind in Tab 24 die wichtigsten Silagearten, Trockenkonservate, Einzel- und Mischfuttermittel vergleichend zusammengestellt. Bei der WW-GPS wurden Vollkosten in Höhe von 1.600 € pro ha unterstellt.

Im Vergleich der Energiedichte, sind selbst erzeugte Silagen im Vergleich relativ kostengünstig zu erstellen. Die Erzeugungskosten von WW-GPS liegen jedoch relativ hoch, gefolgt von den Kosten der Grassilageerzeugung. Ursache hierfür sind die höheren Maschinenkosten (Ernte) und die vergleichsweise niedrige Energiedichte (Tab. 25).

Tab 24: Zukauf- bzw. Vollkosten von Futtermitteln

Futtermittel	% TM	MJ NEL /kg TM	€/dt	Ct/10 MJ NEL
Silagen				
Grassilage (niedrige bis hohe EK)	35	5,6...6,9	5,0	25,4...21,9
Maissilage	35	6,7	3,5	15,1
GPS (WW)	40	6,4	4,9	19,2
Feuchtkornmais	65	8,6	10,2	18,2
Pressschnitzel siliert	25	7,5	2,8	15,0
Trockenkonservate				
Heu	85	5,8	15,0	31,2
Stroh	82	3,5	6,0	21,0
Einzelfuttermittel				
Futterweizen *	88	8,5	12,3	16,8
Futterroggen *	88	8,5	8,3	11,4
Körnermais	88	8,4	17,5	23,6
Sojaschrot	88	8,6	32,9	43,4
Rapsschrot	88	7,3	16,6	25,8
Pansengeschütztes Rapsschrot	90	7,4	23,0	34,5
Getreideschlempe	89	7,4	15,5	23,5
Pressschnitzel frisch ab Fabrik	25	7,5	2,4	12,7
Mischfuttermittel				
Kraftfutter 18/III	88	7,7	13,7	20,2
Kraftfutter 20/IV	88	8	14,1	20,0

* inkl. Mahl- und Einlagerungskosten

Tab 25: Kosten und Faktoransprüche von GPS unterschiedlicher Erträge und Qualitäten

Ganzpflanzensilage (GPS)

Ertragsstufe II, I, III		Geest	Geest	Marsch	Ostküste
Getreideart		S-Gerste	W-Weizen		
Ertrag Hauptfrucht	MJ NEL/ha	50.000	50.000	60.000	55.000
Ertrag Untersaat	MJ NEL/ha	8.100	8.100	8.100	8.100
Ertrag insgesamt	MJ NEL/ha	58.100	58.100	68.100	63.100
Saat- und Pflanzgut (inkl. Untersaat)		100	115	115	100
Düngemittel		174	213	238	213
Herbizide		35	40	65	55
Fungizide		30	70	80	80
Insektizide		5	10	10	10
Wachstumsregler		15	20	28	28
Sa. Pflanzenschutz		85	140	183	173
var. Masch.-Kosten Anbau		113	124	125	120
Ernte Lohnmaschinen		255	255	255	255
Sa. var. Maschinenkosten		368	379	380	375
Hagelversicherung		4	5	5	6
Folie, Siloanstrich und Wände		45	45	45	45
Sa. variable Kosten	€/ha	777	897	966	912
Deckungsbeitrag (DB)	€/ha	-777	-897	-966	-912
DB in €/10 MJ NEL		-0,13	-0,15	-0,14	-0,14
Faktoransprüche					
Pacht(ansatz) LF	€/ha	250	300	300	300
Maschinenvermögen	€/ha	1.100	1.100	1.100	1.100
Umlaufvermögen	€/ha	318	398	444	408
Arbeitszeitbedarf	AKh/ha	5,9	6,2	6,2	6,2
Faktorlieferung					
Düngewert	€/ha				
Abfuhr bzw. Bedarf Reinnährstoffe					
N	kg/ha	100	130	160	130
P2O5	kg/ha	50	60	60	60
K2O	kg/ha	90	110	110	110
CaO/MgO	dt/ha	4	4	4	4

Quelle: Kalkulationsdaten LK SH (2008).

10. Literaturverzeichnis

ALVERMANN, G. (2008): Ökoring-Rundbrief 09/08

ALVERMANN, G. (2009): Ökoring-Rundbrief 01/09

BRÜSEMEISTER, F. SÜDEKUM, K.-H., KIRCHHOF, S. und HERTWIG, F. (2009): Predicting the metabolisable energy concentration of small grain whole-crop silages for ruminants, Journal of Animal and Feed Sciences

HARMS, J. (2009): Kosten Futtermittel, Vortragsmanuskript 10. Seminar Futter u. Fütterung, Dummerstorf

HERTWIG, F. (2006): Großkörnige Leguminosen als GPS, in: Handbuch Futterkonservierung, 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt a.M.

- HONIG, H. (1987): Influence of forage type and consolidation on gas exchange and losses in silo. Summary of papers, 8 th Silage Conf. AFRC-Institute for Grassland and Animal Production, Hurley, Maidenhead, Berks.SL6 5 LR, p. 51-52
- JEROCH, FLACHOWSKY, WEISSBACH, F. (1993): Futtermittelkunde, Verlag Paul Parey, Berlin
- KLEINMANS, J. (1996): pers. Mitteilung
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER SH (2008): Kalkulationsdaten, Beratungsunterlage
- MAHLKOW-NERGE, K. (2000): pers. Mitteilung
- MAYRHUBER, E. (2007): Grünroggen für Energiepflanzensilagen, pers. Mitteilung
- NEHRING, A. (2007): Biogas aus Getreide, welche Sorten und Artenmischungen für den GPS-Anbau? Innovation 3
- NUSSBAUM, H. (2006): Siloanlagen, Silobau und Siloabdeckung, in: Praxishandbuch Futtermittelkonservierung, DLG-Verlag 7. Auflage, S. 66-76
- NUSSBAUM (2010): Erfahrungen zum Einsatz des Pistenbully's in Einlagerungs- und Verdichtungsprozess. Mündl. Mitteilung
- OBENAUF, U. (2008): Anbautelegramme für Getreidearten. Neuste Version unter <http://lwksh/Pflanzenbau/Getreide>
- PRALLE, H. (2007): In der Milchreife schneiden. DLG Saatgutmagazin 7, S. 18-20
- RIECKMANN, C. (2008): Getreide-GPS flexibel einsetzbar, Land & Forst, 37(11), S. 23-25
- SÜDEKUM, K.H. und ARNDT, E. (1998): Getreide-GPS: Inhaltsstoffe und Futterwert für Wiederkäuer, Abb.en Tierernährung. 26, S.87-122
- THAYSEN, J. und THOMSEN, T. (2004): Ganzpflanzensilage (GPS) im Öko-Landbau. Abschlussbericht der Landwirtschaftskammer zum Versuchsfeld Mildstedt
- THAYSEN, J. (2006): Silo-Controlling: Ein Instrument zur Verbesserung der Grobfutterqualität. Vortragsmanuskript der GKL-Tagung in Bonn
- THAYSEN, J. und KRIZ, R. (2007): Eine hohe Bauqualität zahlt sich aus. Neue Landwirtschaft, 11, S. 28-30
- THOMSEN, J. (2000): Rinderreport der LK SH
- UNIVERSITÄT HOHENHEIM - DOKUMENTATIONSSTELLE (Hrsg.) (1997): DLG-Futterwerttabelle Wiederkäuer.7.Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt
- WAGNER, A. (2006): Erntetechnik: Größer, schwerer, schneller: Ist das die Lösung für eine optimale Grobfutterqualität? Vortragsmanuskript 11. Grundfuttertag der LK SH, Rendsburg
- WEISSBACH, F. und HAACKER, K. (1988): Über die Ursachen der Buttersäuregärung in Silagen aus Getreidepflanzen. Wirtschaftseigenes Futter 37
- WILLIGE, B. (1986): Ganzpflanzensilage-GPS, Diss. CAU Kiel
- ZIMMER, E. (1969): Biochemische Grundlagen der Einsäuerung, Proceedings of the 3rd general meeting of the European Grassland Federation, Frankfurt a. M., S. 113-125