



Rationalisierungs-Kuratorium
für Landwirtschaft

Silagebereitung III

Grundlagen der Futterkonservierung und Heubereitung



Dr. Johannes Thaysen

SILAGEBEREITUNG III

Grundlagen der Futterkonservierung und Heubereitung

August 2012

Dr. Johannes Thaysen, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Abteilung Pflanzenbau/Pflanzenschutz/Umwelt, Tel. 04331-9453-323 jthaysen@lksh.de

Herausgeber:

Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL e.K.)

Albert Spreu

Grüner 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.

Gliederung	Seite
1. Grundsätze und Zielgrößen.....	924
2. Trocknung.....	926
2.1 Verfahrenstechnik.....	926
2.2 Bodentrocknung.....	927
2.3 Belüftungstrocknung.....	927
2.4 Heißlufttrocknung.....	928
3. Silierung.....	928
3.1 Gärbiologie: Luftabschluss und Milchsäuregärung.....	929
3.2 Die vier Phasen des Gärverlaufes.....	930
3.3 Vergärbarkeit der Futterpflanzen.....	934
3.4 Fehlgärungen und deren Verhinderung.....	936
4. Konservierende Lagerung.....	937
5. Silierzusätze und deren Einsatz.....	939
5.1 Grundsätze des Silierzusatzeinsatzes.....	943
5.2 Dosiertechnik und Aufwandmenge.....	943
6. Siliertechnik und –management.....	944
6.1 Transportieren und Einlagern.....	944
6.2 Verdichtung.....	945
7. Siloanlagen, Silobau und –abdeckung.....	948
7.1 Allgemeine Anforderungen zu Siloanlagen.....	949
7.2 Rechtliche Anforderungen an Siloanlagen.....	949
7.3 Silodimensionierung.....	951
7.4 Luftdichte Abdeckung der Silagen.....	953
8. Silobewirtschaftung.....	954
8.1 Silagesickersäfte.....	954
8.2 Silopflege.....	955
8.3 Entnahme.....	956
8.4 Vorschubgeschwindigkeit.....	956
9. Controlling.....	957
10. Beurteilung der Gärqualität.....	958
11. Grassilage Erzeugung.....	960
11.1 Zusammensetzung des Mähbestandes.....	960
11.2 Schnittzeitpunkte.....	960
11.3 Anwelken auf 30 bis 40 % TM.....	961
11.4 Mähen, Zetten, Schwaden.....	962
11.5 Ernten.....	963
11.6 Siliermittel bei der Grassilierung.....	966
12. Ganzpflanzensilage aus Getreide oder Leguminosen.....	968
13. Maissilierung.....	972
13.1 Maissilage.....	972
13.1.1 Sortenwahl.....	972
13.1.2 Erntezeitfenster.....	972
13.1.3 Stoppelhöhe.....	974
13.1.4 Häcksellänge und -qualität, Körneraufbereitung, Überlängen.....	975
13.2 LKS und Feuchtmaissilierung.....	975
13.3. Silierzusätze für Maisprodukte in Fütterung und Biogaserzeugung.....	975
13.3.1 Einsatzempfehlungen Maissilage.....	976
13.3.2 Einsatzempfehlungen LKS, CCM, Feuchtmais.....	977
13.4 Reifezeit der Maisprodukte.....	978
14. Literatur.....	978

1. Grundsätze und Zielgrößen

Das allgemeine Ziel der Futterkonservierung besteht darin, pflanzliche Materialien über einen langen Zeitraum vor Verderb zu schützen und dabei die Futterwerteigenschaften des frischen Ausgangsmaterials möglichst vollständig zu erhalten. Das betrifft sowohl den Energie- und Nährstoffgehalt als auch die Konservierungseigenschaften (z.B. Trocknungs- oder Gärqualität), die hygienische Beschaffenheit und den Gehalt an unerwünschten Stoffen bzw. Keimgruppen (Tab. 1). Dabei sind die Anforderungen der Tierarten bzw. deren Leistungsgruppen an den Futterwert verschieden, aber bezüglich der Konservatqualität besteht das gleiche Ziel: Es soll eine kostengünstige Konserve mit geringen Verlusten an Trockenmasse (Silierverluste) und geringer Wertbeeinträchtigung gegenüber dem Frischmaterial erstellt werden.

Bei der Beurteilung der Zielerreichung der Futterkonservierung müssen alle Teilbereiche von

- Nährstoffgehalten und Futterwert
- Konservatqualität
- Hygienischer Beschaffenheit
- Freisein von unerwünschten Bestandteilen

getrennt betrachtet, aber gleichzeitig erfüllt werden. So ist es z.B. kontraproduktiv, wenn eine Silage einen hohen Futterwert aufweist, aber durch Deseleinträge verunreinigt ist. Derartige Silagen sind nach der Futtermittelhygieneverordnung fütterungsuntauglich. Weiterhin ist es wenig erfolgreich, wenn eine Silage zwar einen hohen Energiegehalt aufweist, aber infolge Erwärmung oder hohem Essigsäuregehalt zu einer verminderten Futteraufnahme führt.

Tab. 1: Eigenschaften und Kenngrößen konservierter Futtermittel

Nährstoffe und Futterwert	Konservierungsqualität	Hygienische Beschaffenheit	Unerwünschte Bestandteile
nutzbares Protein	bei Heu:	möglichst geringe Gehalte an:	Kadaverteile
RNB	trocken	Hefepilzen	Glas, Plastik, Metall
Kohlenhydrate	einwandfreier Geruch	Schimmel	Treib- und Schmierstoffen
Mineralstoffe	grüne Farbe	Mycotoxinen	Erde-Sand
Vitamine	bei Silage:	Weitere...	Reste aus Wirtschaftsdüngern
Weitere...	pH-Wert		Weitere...
	Gehalt an Essig- und Buttersäure		
	Gehalt an NH ₃ -N		
	Aerobe Stabilität		
	Weitere...		

Ohne Konservierung sind pflanzliche Materialien mit einem Wassergehalt von über 14 % nur eine limitierte Zeit haltbar. Geeignete Konservierungsmaßnahmen können die Verderbprozesse nahezu vollständig verhindern. Das erfordert, die Wirkung der Enzyme im Ausgangsmaterial zu unterbinden sowie den anaeroben und/oder aeroben mikrobiellen Stoffabbau zu verhindern. Die wichtigsten Konservierungsmaßnahmen für pflanzliche Materialien beruhen auf den folgenden Wirkungsprinzipien und Verfahren:

- Verminderung der Wasseraktivität durch Trocknung (Heubereitung)
- Einlagerung unter Luftabschluss mit Hilfe von Milchsäurebakterien, die durch die Säurebildung eine Haltbarmachung des Futters erzielen (Silierung)
- Behandlung mit Konservierungsstoffen bei weitgehender Ausschaltung von Mikroorganismen, die den aeroben Verderb verursachen (Konservierung)
- CO₂-Atmosphäre durch Sauerstoffentzug (gasdichte Lagerung)

Dabei ist zu beachten, dass die Erstellung einer hochwertigen Futterkonserve immer abhängig ist von der Qualität des Ausgangsmaterials, z.B. bei der Grassilage von der Artenzusammensetzung des Bestandes oder dem Schnittzeitpunkt. Bei der Konservierung gehen durch verfahrensbedingte unvermeidbare Stoffumwandlungen Energie und Nährstoffe verloren. Außerdem treten vermeidbare Verluste auf, die in Abhängigkeit vom Verfahren und der jeweiligen Managementpraxis unterschiedlich ausgeprägt sein können. Nährstoffverluste treten im Wesentlichen in der Gruppe der leicht löslichen und gut fermentierbaren Nährstoffe, vor allem Kohlenhydrate, auf. Diese sind hoch verdaulich, was die verringerte Verdaulichkeit der konservierten Stoffe gegenüber dem Frischmaterial erklären kann.

Tabelle 2 zeigt die differenzierten Verluste bei der Futterkonservierung, diese sind beim gewählten Verfahren entsprechend zu addieren. So ist bei Grassilagebereitung im Fahrsilo unter günstigen Bedingungen mit Verlusten (einschließlich Feldverlusten) in Höhe von 15 bis 20 % und bei der Silomaissilierung von 9 bis 14 % zu rechnen.

Tab. 2: Trockenmasseverluste gemäß unterschiedlicher Bedingungen bei der Futterkonservierung

Verluste in % TM bei unterschiedlichen Bedingungen			
	günstig	ungünstig	unvermeidbar
Feldverluste (Bodentrocknung)			
0 Tage	1 bis 3	> 4	1
1–2 Tage	4 bis 6	> 10	3
3–4 Tage	6 bis 8	> 12	5
>4 Tage	8 bis 12	> 18	7
Siliverluste (außer Feldverluste)			
Gärung und Restatmung	4 bis 6	> 8	3
Gärsaftbildung	0 bis 4	> 6	0
Aerober Stoffabbau	1 bis 3	> 5	0
Aerobe Nacherwärmung Silageentnahme	1 bis 2	> 6	< 1
Heuwerbung (Unterdachlagerung ohne Feldverluste)			
Bodenheubereitung	4 bis 6	> 8	3
Kaltbelüftung	8 bis 10	> 12	5
Warmbelüftung	6 bis 8	> 10	2
Heißlufttrocknung			
Trocknungsprozess	4 bis 6	> 7	3
Lagerung des Trockengutes	1	> 1	> 1

2. Trocknung

Getrocknetes Gras (Heu) hat als Futtermittel deswegen einen gewissen Stellenwert, weil die Abbaubarkeit des Rohproteins bei einer schnellen Trocknung verringert wird und folglich der Anteil an unabbaubarem Rohprotein (UDP) steigt. Bei gleicher Gräserzusammensetzung und Energiegehalt ist die Futteraufnahme von Heu gegenüber Grassilage erhöht. Manche Käsereien schreiben die Heufütterung vor, um die Gefahr einer Clostridienbelastung der Milch durch Silageverfütterung zu vermeiden. Auch in der Kälber- und Pferdefütterung hat Heu eine Bedeutung. Das Konservierungsprinzip der Trocknung findet in der Heubereitung und technischen Trocknung z.B. bei der Cobs-Produktion Anwendung. Die Haltbarkeit der Pflanzenmaterialien wird durch Wasserentzug erreicht. Es lassen sich 2 Grundprinzipien unterscheiden:

- Bei >60 % TM endet der Abbau der organischen Substanz durch pflanzeigene Enzyme.
- >85 % TS stoppt die Aktivität der stoffwechselaktiven Saprophyten. Das Material ist lagerfähig.

Als Trocknungsenergie werden Sonnenenergie (Strahlungswärme, Wärmeenergie der Luft), technische Energie (fossile und organische Brennstoffe, Elektroenergie) und Atmungsenergie (aus biologischem Stoffabbau) genutzt. Bei der Heuproduktion geht es darum, mit möglichst geringem Aufwand in kurzer Zeit den Wassergehalt in der Pflanze von über 80 % auf unter 20 % zu senken. Der Trocknungsprozess hängt von folgenden Aspekten ab:

a) Feldphase

Grundsätzlich sind nur trockene Bestände zu mähen. Aufgrund der schnelleren Abtrocknung auf dem stehenden Halm sollte abhängig vom Schnitttermin, bezogen auf die Tageszeit kein oberflächiges Haftwasser oder anhaftendes Regenwasser mehr vorhanden sein. Der Einsatz von Mähaufbereitern sowie die Intensität der Zett- und Wendearbeit mit abschließendem Schwaden richten sich nach den aktuellen Trocknungsbedingungen bzw. nach dem Wassersättigungsdefizit der Luft.

b) Witterung

In Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit, den Temperaturverhältnissen und der Windgeschwindigkeit verläuft die Trocknung je nach Schwadstärke des Materials. Bei Temperaturen unter 15°C, z.B. im Herbst, ist selbst bei geringer relativer Luftfeuchtigkeit nur noch mit einer geringen Trocknungsintensität zu rechnen.

c) Pflanzenzusammensetzung

Die pflanzensoziologische Zusammensetzung, das Alter des Aufwuchses und das N-Düngungsniveau beeinflussen das Trocknungsverhalten des Aufwuchses. Kräuter und Untergräser trocknen langsamer als Gräser und Obergräser. Je blattärmer und älter das Pflanzenmaterial ist, desto schneller verläuft die Wasserabgabe.

2.1 Verfahrenstechnik

Die Festlegung des optimalen Schnitttermins der Grasbestände für Heu hat sich nach der Verwendung des Futters zu richten. Für Leistungsrinder ist in der Phase des Ähren- und Rispschiebens der Hauptbestandsbildner (Rohfasergehalte 23–25 %), für extensive

Rinderhaltung und für Pferde ist ab Beginn der Blüte der Hauptbestandbildner (Rohfasergehalte >27 %) zu mähen. Das Mähen mit Breitablage, sowie das anschließende Zetten mit danach täglichem Wenden gewährleistet eine Trocknung je nach Verdunstung innerhalb von 3–5 Tagen. Der Einsatz von Mähaufbereitern verkürzt die Trocknungsdauer und reduziert das Wetterrisiko.

2.2 Bodentrocknung

Die Bodentrocknung ist das wichtigste Trocknungsverfahren für Gräser und kleinsamige Leguminosen. Als Verdunstungstrocknung kommt sie zur Bereitung von Heu, Anwelkgut für die Silierung sowie als Vorstufe für die Belüftungs- und Heißlufttrocknung zum Einsatz. Diese am weitesten verbreitete Form der Heubereitung erfordert eine Schönwetterperiode von 3–5 Tagen, bei der die Sonnenenergie das Grünfutter auf ca. 80 % TM trocknet. Das Heu wird anschließend entweder auf dem Feld gepresst und/oder in einem Bergeraum gelagert. Die sich anschließenden, 6–8 Wochen andauernden Fermentationsprozesse (Ausschwitzten) lassen den TS-Gehalt auf ca. 86 % ansteigen und liefern die Bedingungen für eine hinreichende Lagerfähigkeit. Kann die Einfahrfeuchte nicht innerhalb von 4 Tagen unter 20 % gedrückt werden, so steigen die TM- und damit die Energieverluste stark an (Tab.3). Eine mechanische Aufbereitung vor dem Trocknungsprozess (Quetschen und Aufbereiten bzw. Zetten) reduziert das Wasserhaltevermögen des Pflanzenmaterials und steigert so die Wasserabgabe. Diese Art der Trocknung ist besonders witterungsabhängig und mit Risiken behaftet.

Tab. 3: Verluste bei der Heuwerbung

Quelle: MAHLKOW, 1996

Verlustart	Feldliegezeiten (Tage)				
	3	4	5	6	>6
Feldverluste (%)	10	14	18	23	28–34
Bergung, Transport, Einlagerung (%)	4	4	5	6	6
Lagerverluste (%)	4	3	2	1	1
Umschlagverluste (%)	1	1	1	1	1
Gesamtverluste (%)	19	22	26	31	36–42

2.3 Belüftungstrocknung

Die Belüftungstrocknung wird bei stark angewelktem Grünfutter (Halbheu mit 50 bis 70 % DM) genutzt. Sie wird als Zwangsbelüftung mit kalter oder erwärmter Luft betrieben. Die Belüftung beschleunigt den Trocknungsprozess und führt gleichzeitig Atmungswärme ab. Eine Belüftungsanlage im Betrieb (Unter- oder Oberbelüftung, heute meistens als Kaltbelüftung) kann die Feldliegezeit und damit das Wetterrisiko erheblich reduzieren. Die Folge sind geringe Bröckelverluste und ein vermindertes Lagerrisiko. Das Halbheu mit einem TS-Gehalt von ca. 60 % wird entweder lose mit Ladewagen oder gepresst in Ballen eingelagert und mit Axialbelüftern beidseitig belüftet. Bei der Schichttrocknung werden 2 m starke Schichten nach der Trocknung der vorherigen Schicht innerhalb von 7–9 Tagen aufeinander gebracht. Bei der Stapeltrocknung kann abhängig vom Leistungspotential der Ventilatoren bis zu 6 m Stapelhöhe auf einmal getrocknet werden.

Bedingt durch Restatmung und Lagerungsdichte kann bis zu 12 Wochen nach Einlagerung eine Selbstentzündung des Heus eintreten. Eine Kontrolle der Selbstentzündung erfolgt durch laufende Temperaturmessungen.

2.4 Heißlufttrocknung

Die Heißlufttrocknung eignet sich für verschiedenartige Futtermittel (Grünfutter, Getreideganzpflanzen, Hackfrüchte, Futtergetreide, Pressschnitzel u.a.) in der Cobs-Produktion. Sie ist das verlustärmste und witterungsunabhängigste Verfahren der Futterkonservierung. Durch Verdampfung wird dem Futter Wasser entzogen. Das erfordert einen hohen Energieaufwand. Der Trocknungsprozess wird so gesteuert, dass die Endtemperaturen je nach Gutart 70 bis 100°C nicht überschreiten und TM-Gehalte von 88 bis 92 % erreicht werden. Bei Übertrocknung werden Verdaulichkeit und Futterwert (Maillard-Reaktion) beeinträchtigt. Nach dem Trocknen wird das Trockengut abgekühlt.

3. Silierung

Die Grobfutterbereitung findet zunehmend als Silage statt, da die Silageerzeugung gegenüber der Heu- oder Trockengrünbereitung folgende Vorteile aufweist:

- geringeres Witterungsrisiko durch kürzere Feldliegezeiten bei Bodentrocknung
- geringere TM- und Energieverluste, damit geringere Kosten
- geringerer Zeit- und Maschinenaufwand, damit niedrigere Erntekosten
- geringeres Krankheitsrisiko durch z.B. Sporeneinatmung bei der Heufütterung

Nachteilig kann die Entstehung von Fehlgärungen und/oder Nacherwärmung bei der Verfütterung sein. Die hierbei beteiligten Gärschädlinge gilt es gezielt zu unterdrücken. Um höchste Qualität zu sichern, sind hochwertige Pflanzenbestände, ihre Ernte im optimalen Entwicklungszustand, eine sachgerechte Konservierung und ein Silomanagement nach guter fachlicher Praxis erforderlich (Abb.1).

Der konservierende Effekt im Siliergut wird von den auf dem Futter anhaftenden Milchsäurebakterien durch den Umbau von leicht löslichen Kohlenhydraten und Eiweißen bewirkt, wobei eine Produktion von überwiegend Milchsäure und damit eine pH-Wert-Absenkung stattfindet. Dieser Prozess läuft ideal unter Luftabschluss (anaerob) ab und bewirkt bei einem ausreichend tief abgesunkenen pH-Wert die gewünschte Unterdrückung möglicher Buttersäurebildner. Wesentliche Voraussetzungen für eine zügige Milchsäuregärung sind das Vorhandensein eines ausreichenden Besatzes (mind. 105 MSB/g FM), ein Mindestgehalt an vergärbaren Kohlenhydraten (3% FM) sowie ein schneller und dauerhafter Ausschluss von Luftsauerstoff im Silo.

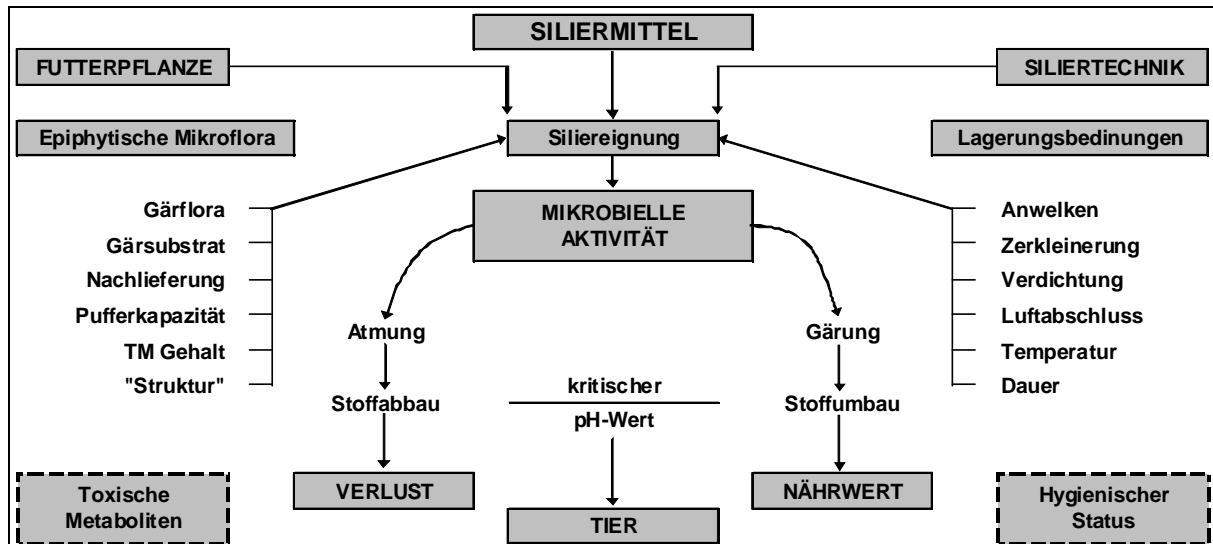
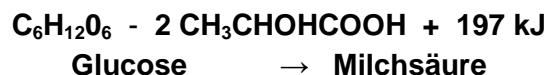


Abb. 1: Das System Silierung nach ZIMMER, 1971

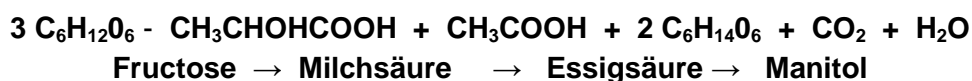
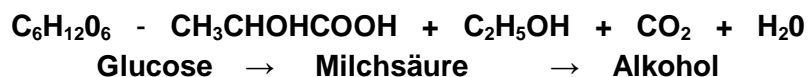
3.1 Gärbiologie: Luftabschluss und Milchsäuregärung

Mit siliertechnischen Maßnahmen werden anaerobe Bedingungen geschaffen, die den aeroben Stoffabbau beenden. Anaerober Stoffabbau kann durch Absenkung des pH-Wertes unter die Aktivitätsgrenze der anaeroben Mikroben zum Erliegen gebracht werden. Das bewirken in der Regel Säuren, die als Stoffwechselprodukte der Mikroorganismen gebildet werden. Nur die Milchsäurebakterien erreichen durch Bildung ihres Stoffwechselproduktes Milchsäure (starke Säure) und wegen ihrer vergleichsweise hohen Säuretoleranz eine ausreichende pH-Wert-Absenkung. Alle anderen am Silierprozess beteiligten Mikroben (Abb. 2) sind mehr oder weniger als Gärfutterschädlinge anzusehen. In den Silagen kommen 15 bis 20 verschiedene Milchsäurebakterienarten vor, die vor allem den Gattungen *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Pediococcus* und *Leuconostoc* angehören. Nach ihrem Stoffwechseltyp wird nach homofermentativen und heterofermentativen Bakterien unterschieden.

Die homofermentative Milchsäuregärung verläuft in vereinfachter Form nach folgender Gleichung:



Dabei entsteht nur ein minimaler Masseverlust; es gehen nur ca. 3 % der Energie der Glucose verloren. Beim heterofermentativen Gärungstyp entsteht neben Milchsäure noch Ethanol sowie/oder Essigsäure, Manitol und CO_2 . Das bedingt höhere Verluste und eine geringere Absenkung des pH-Wertes.



Die auf den Futterpflanzen vorhandene epiphytische Keimflora enthält insbesondere im Frühjahr und bei kühlen Witterungsverhältnissen relativ wenige Milchsäurebakterien. Diese sind durch optimale Silierbedingungen zu fördern. Für ihre Entwicklung und

Stoffwechsellistung haben anaerobe Bedingungen, ausreichend vergärbare Kohlenhydrate, die Temperatur und der pH-Wert entscheidenden Einfluss.

3.2 Die vier Phasen des Gärverlaufes

Erste Phase (aerobe Phase)

Von Natur aus befinden sich verschiedene aerobe Mikroorganismen in unterschiedlicher Quantität und Qualität auf den Futterpflanzen. In der ersten Phase wird der im eingelagerten Siliergut befindliche Sauerstoff von eben diesen Organismen veratmet. Dieser Prozess hält so lange an, bis der gesamte Sauerstoff verbraucht ist und die Freiräume im Silostock mit Kohlendioxid gefüllt sind. Der pH-Wert liegt während dieser Phase noch bei 6,0–6,5.

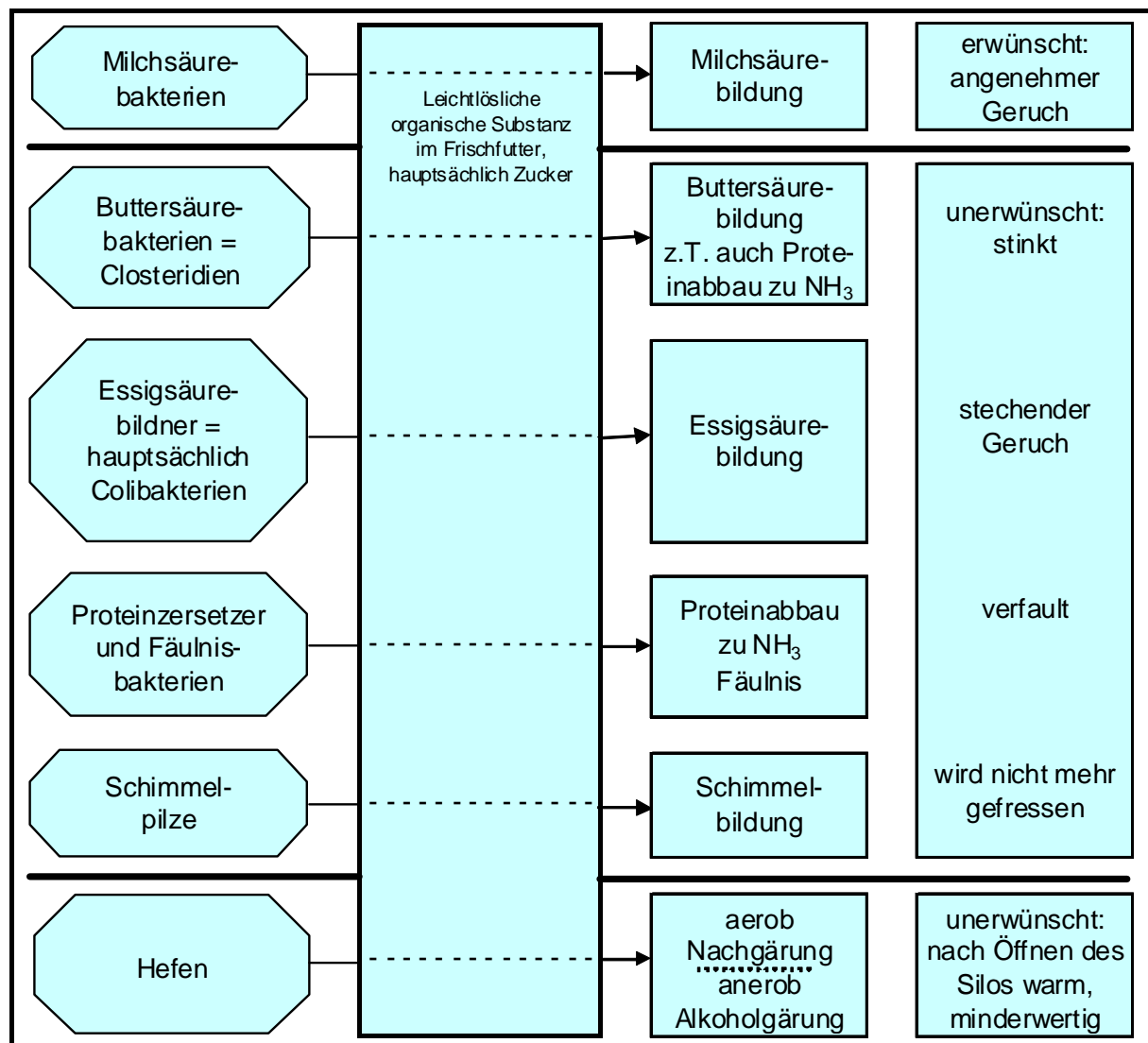


Abb. 2: Vorkommen und Tätigkeit der wichtigsten Mikroorganismen in der Silage

Durch die Stoffwechselaktivität der Mikroorganismen steigt die Temperatur um etwa ein bis fünf Grad Celsius. Dieses ist ein deutliches Anzeichen für unvermeidliche Silierverluste (Energie- und Trockenmasseverluste). Um diese Verluste möglichst gering zu halten und um die anaerobe Gärung möglichst bald beginnen zu lassen, ist es wichtig, dass ein Nachschub von Sauerstoff unterbunden wird. Zu den erforderlichen Maßnahmen gehört ein möglichst

zügiges Befüllen des Silos, ein Zwischenabdecken über Nacht sowie eine gute Verdichtungsarbeit. Wenn eine Sauerstoffzufuhr schnell und nachhaltig unterbunden wird, ist gewährleistet, dass die leicht vergärbaren Kohlenhydrate von den anaeroben Milchsäurebakterien zur Produktion von Milchsäure genutzt werden. In der Regel ist diese Phase nach einigen Stunden abgeschlossen. Sodann sterben die obligat aeroben Mikroorganismen ab. Eine zu starke Vermehrung der Gärschädlinge (insbesondere Clostridien und Hefen) kann zum Verderb der Silage führen.

Zweite Phase (Hauptgärphase)

Dieser Abschnitt dauert je nach Umgebungstemperatur einige Tage bis Wochen. Äußeres Anzeichen ist das Zusammenfallen des Futterstockes. Dabei sterben die Pflanzenzellen ab, sodass die Zellmembranen ihre Semipermeabilität verlieren und Zellsaft austreten kann. Die zweite Phase ist durch die anaeroben Verhältnisse gekennzeichnet. Erwünscht ist die Produktion von Milchsäure durch die Milchsäurebakterien. Die Bildung der Milchsäure hat einen Abfall des pH-Wertes im Futterstock zur Folge. Es können nur noch solche Mikroorganismen überleben, die keinen Sauerstoff benötigen. Hierzu gehören neben den erwünschten Milchsäurebakterien und Essigsäurebildnern auch unerwünschte Keime wie Listerien, Bacillusarten, Hefepilze und Buttersäurebakterien. Bei Letzteren handelt es sich um eine vielseitige Artengruppe zu der u.a. die Clostridien gehören. Ein Teil von ihnen kann sowohl Milchsäure als auch Zucker zu Buttersäure verarbeiten. Ein anderer Teil kann sogar Eiweiß zersetzen, indem Ammoniak von den Aminosäuren abgespalten wird. In diesem Fall kommt es zu erheblichen Proteinverlusten. Buttersäurebildner sind fakultativ anaerob, d.h. sie können auch im sauerstoffhaltigen Milieu überleben. Dann verarbeiten sie Milchsäure und es kommt zum Anstieg des pH-Wertes. Essigsäurebildung ist in Maßen erwünscht, da durch sie die aerobe Stabilität gewährleistet und die Nacherwärmung eingeschränkt werden kann.

Alle Keimarten stehen bei dem Gärprozess in Konkurrenz um leicht verdauliche Kohlenhydrate. Die unerwünschten Keime wie z.B. Enterobakterien werden in einer optimalen Silage durch den rasch absinkenden pH-Wert aufgrund der Milch- und Essigsäure unterdrückt. Nur die Hefepilze, welche als Hauptverursacher der Nacherwärmung gelten, können in einem noch tieferen pH-Bereich überleben. Sie stellen ihre Tätigkeit jedoch bei sehr geringem Sauerstoffgehalt ein. Beim Öffnen des Silos ist wieder mit einem starken Wachstum der Hefen zu rechnen, wenn die Silage aerob instabil ist (zu wenig Essigsäure enthält). Die Gärsäuren hemmen eiweißabbauende Enzyme, wodurch die Bildung von puffernden Substanzen (z.B. Ammoniak) unterbunden wird und das Eiweiß für die Wiederkäuer zur Verfügung steht.

In Abbildung 3 ist der Gärverlauf in einer optimalen Silage dargestellt. Der pH-Wert ist nach etwa 10 Tagen auf ein Niveau von vier abgefallen. Nach 40 Tagen enthält die Silage 5 % Milchsäure und 0,5 % Essigsäure. Je stärker das Siliergut angewelkt ist, desto weniger Säure wird gebildet und desto weniger stark sinkt der pH-Wert. In zu nassen Silagen kommt es oft einerseits durch die puffernde Wirkung des Wassers, andererseits durch den oftmals zu geringen Zuckergehalt zu vermehrter Essigsäure- und Buttersäuregärung. Die pH-Wert-Absenkung ist in diesem Fall nicht stark genug. Hinzu kommt, dass die Milchsäure zum Beispiel von koliformen Keimen entweder direkt zu Buttersäure oder im Falle von nitrathaltigem Ausgangsmaterial über die schwächere Essigsäure zu Buttersäure umgewandelt wird. In Abbildung 4 wird der Gärverlauf für diesen Fall gezeigt.

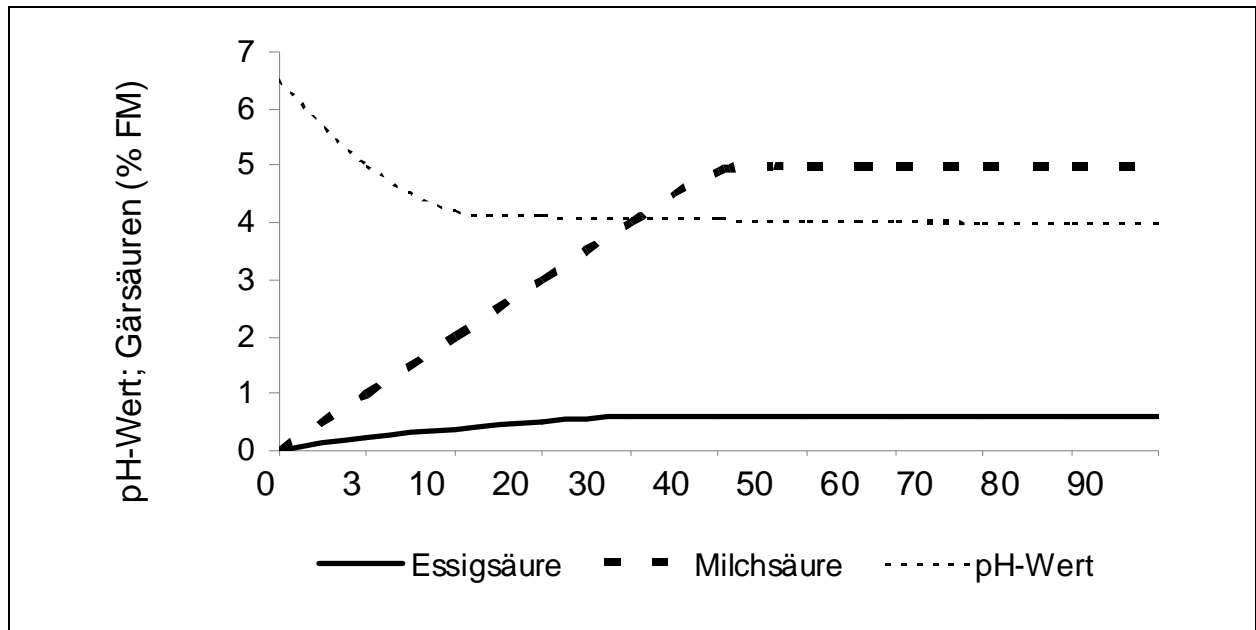


Abb. 3: Silierverlauf in einer Silage mit optimalem Gärverlauf nach PAHLOW, 2012

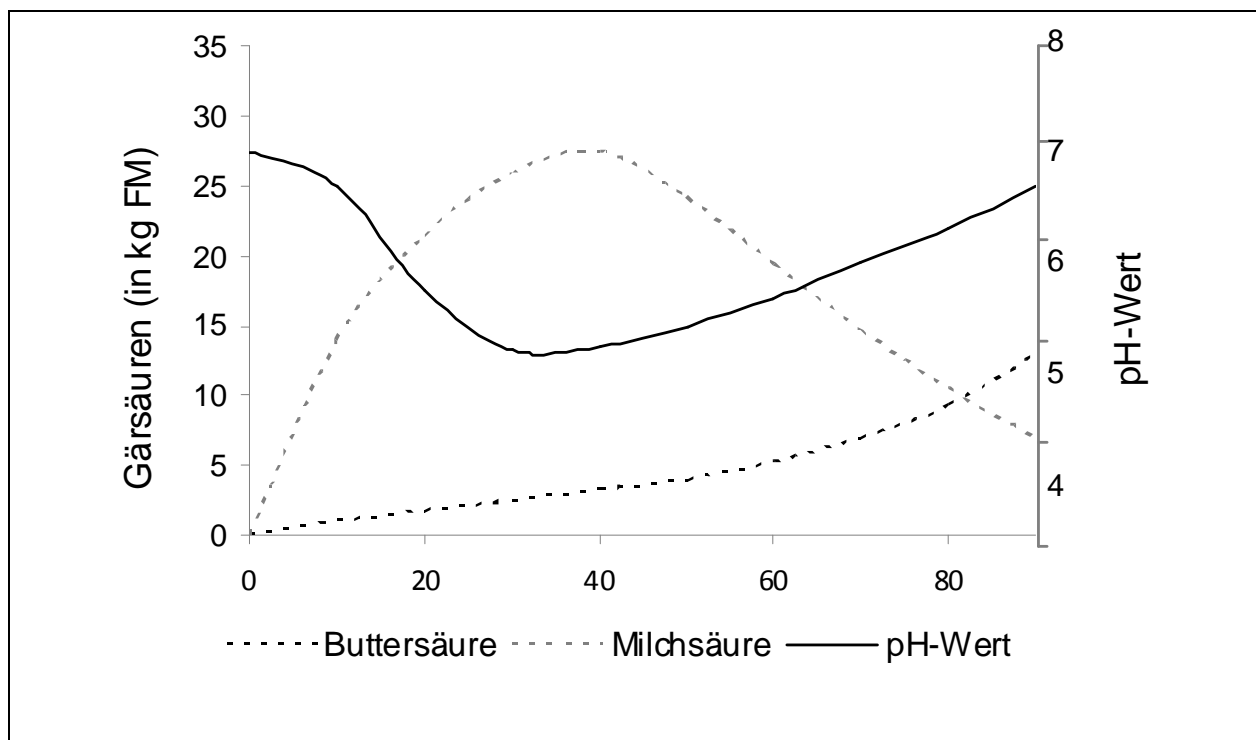


Abb. 4: Buttersäuregärung in zuckerarmen, meist feuchten Silagen nach PAHLOW, 2012

Es gilt also den optimalen Bereich eines Trockensubstanzgehaltes von 30–40 % zu treffen. In der Abbildung 5 ist der kritische pH-Wert in Abhängigkeit vom Trockensubstanzgehalt nach WEIßBACH u.a., 1997 dargestellt. Liegt der pH-Wert oberhalb dieser Werte, so ist die **anaerobe Stabilität** nicht gewährleistet. Mit steigendem Trockensubstanzgehalt sinkt die Anforderung an die pH-Wert Absenkung aufgrund des steigenden osmotischen Druckes, der wiederum eine Entkeimung des Siliergutes bewirkt.

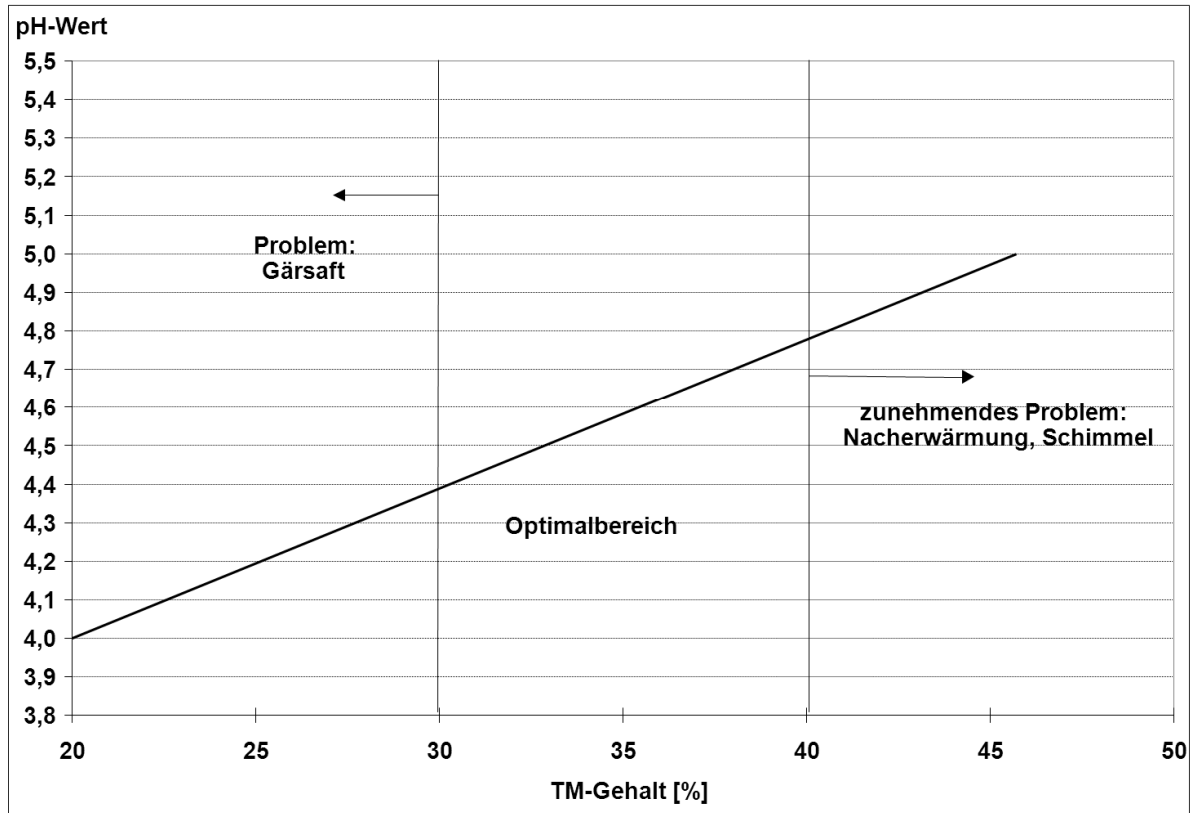


Abb. 5: Kritischer pH-Wert in Abhängigkeit vom TS-Gehalt der Silage (WEISSBACH et al. 1997)

Dritte Phase (Lagerphase)

Der Hauptgärungsphase folgt die Lagerphase mit stark verminderter Stoffwechselaktivität. Aufgrund des Mangels an leichtverdaulichen Kohlenhydraten und des tiefen pH-Wertes sterben die meisten Milchsäurebakterien ab. So wird eine natürliche Übersäuerung der Silage auf einen pH-Wert von unter 3,6 verhindert. Die Zahl der MSB verringert sich auf nur noch etwa 0,1 % der Maximalpopulation von etwa einer Billion MSB/g Silage (PAHLOW, 2006). Einige Enzyme, die auch noch im sauren Milieu aktiv sind, bauen laufend geringe Mengen an Gerüstsubstanzen (Cellulose) ab und liefern auf diese Weise leicht vergärbare Kohlenhydrate nach. Somit könnte die Silage theoretisch mit geringsten fortlaufenden Verlusten unendlich lange gelagert werden, wenn ein absoluter Luftabschluss gegeben ist. Neben den Hefen können auch einige Bacillus- und Clostridienarten die Lagerungsphase überdauern, indem sie Endosporen bilden.

Vierte Phase (Entnahmephase)

Mit dem Beginn der Entnahmephase hat der Sauerstoff wieder freien Zutritt an die Anschnittfläche des konservierten Futters. Jetzt zeigt sich, wie gut das Grünfutter vergoren ist und ob die Silage aerob stabil ist. Je nach Güte der Verdichtungsarbeit und Struktur des einsilierten Materials dringt der Luftsauerstoff in unterschiedliche Tiefen hinter die Anschnittfläche. Bei starkem Wind kann es erforderlich sein, die Anschnittfläche abzudecken, um ein allzu tiefes Eindringen der Luft in den Futterstock zu vermeiden. Eine Entnahmetechnik, welche die Anschnittfläche nicht auflockert, ist zu präferieren. Werden diese Grundregeln nicht eingehalten, kann es zum Verderb des Futters schon weit im Inneren des Silostocks führen.

Durch die Zufuhr von Sauerstoff wird das Wachstum der Hefen und Schimmelpilze wieder angeregt. Der kritische Wert von 100.000 KBE/g FM Hefen kann dann rasch überschritten werden, wenn zuvor bei der Einlagerung und dem Luftverschluss Fehler gemacht wurden. Dieses macht sich durch die Nacherwärmung an der Anschnittfläche bemerkbar. **Von Nacherwärmung spricht man, wenn die Temperatur des Siliergutes um 2°C über der Umgebungstemperatur liegt.** Der Anstieg des pH-Wertes aufgrund des Abbaus von den Gärsäuren und der Anstieg der Temperatur stellen wieder optimale Lebensbedingungen für alle Arten von Gärschädlingen her. So kann es zum völligen Verderb des Futters kommen. In Maissilagen wurden neben Hefen auch Essigsäurebildner (Acetobacter) als Auslöser der aeroben Instabilität nachgewiesen (PAHLOW, 2012). Acetobacter bevorzugen den in der Silage gebildeten Alkohol als Kohlenstoffquelle. Anfangs wird aus dem Alkohol zwar noch Essigsäure hergestellt, ist der Alkohol allerdings verbraucht, so wird die gebildete Essigsäure zu Kohlendioxid und Wasser umgewandelt. Der Fall der Nacherwärmung ist in der Abbildung 6 dargestellt. Um eine Fehlgärung durch Sauerstoffzufuhr zu vermeiden, darf die Öffnung einer Silomiete erst nach dem Abschluss der Hauptgärungsphase von 5–6 Wochen bei Gras und 3–4 Wochen bei Mais erfolgen.

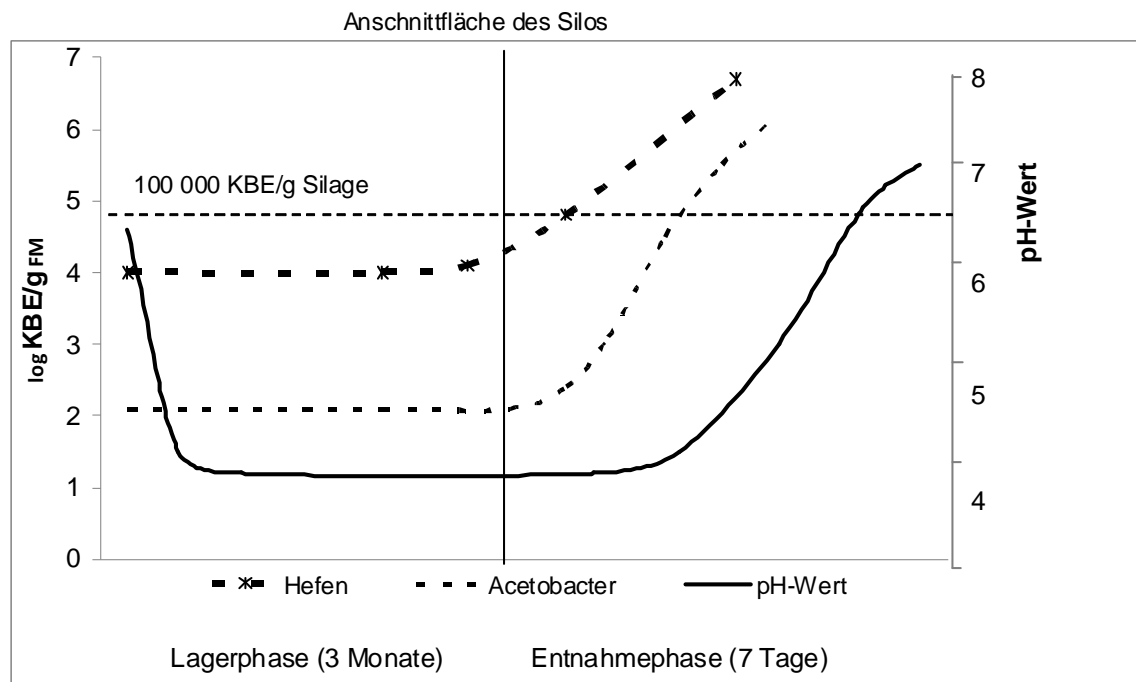


Abb. 6: Nacherwärmung in Maissilagen, verursacht durch Hefen und Bakterien nach PAHLOW, 2012

3.3 Vergärbarkeit der Futterpflanzen

Das Ansäuerungsvermögen eines Gärsubstrats wird durch dessen Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten (**Zucker**) und die substratspezifische Befähigung zur Abpufferung der gebildeten Milchsäure (**Pufferkapazität**) bestimmt. Je höher der Gehalt des als Nahrungsquelle für die Milchsäurebakterien dienenden Zuckers ist und je weniger gebildete Milchsäure abgepuffert wird, desto höher ist das Ansäuerungsvermögen. Hohe Gehalte an Rohprotein deuten immer auf eine hohe Pufferkapazität, da viele N-Verbindungen basisch reagieren. Nicht zuletzt wegen des Proteinreichtums sind Gräser in der Regel schwerer vergärbar als beispielsweise Silomais. Das Verhältnis von Zucker zur Pufferkapazität, der

Z/PK-Quotient, ist eine geeignete Größe zur Einschätzung der biochemischen Gäreignung. So gehört der Mais zu den leicht vergärbaren Pflanzen, da er einen hohen Zuckergehalt mit einem geringen Gehalt an Rohprotein in nahezu idealer Weise verbindet (Tab. 4).

Das **Anwelken** spielt insbesondere bei der Silierung von Grasbeständen eine große Rolle. TM-Gehalte von 30 bis 40 %, die während einer Feldzeit von maximal zwei Tagen erreicht werden, erhöhen die Zuckerkonzentration und hemmen die Aktivität unerwünschter Gärkeime. Anwelkgrade bis zu 50 % sind nur bei sehr jungem und gut gehäckseltem Futter noch akzeptabel. Siliergut mit TS-Gehalten über 50 % lässt sich nicht mehr ausreichend verdichten, säuert schlecht und neigt stark zu Nacherwärmung. Ein zu starkes Anwelken ist daher zu vermeiden. Mit Hilfe des **Vergärbarkeitskoeffizienten** (VK) lassen sich die Faktoren Gäreignung und TM-Gehalt in einer Kennzahl zusammenfassen, die eine Grobeinschätzung des Gärerfolgs erlaubt. Voraussetzung ist allerdings, dass die Siliertechnik ein hohes Niveau besitzt und genügend aktive Milchsäurebakterien epiphytisch (natürlicherweise auf der Pflanze vorkommend) vorhanden sind.

$$VK = TM \text{ (in \%)} + (8 \cdot Z/PK)$$

Ist der Vergärbarkeitskoeffizient größer als 35, kann eine weitestgehend stabile Gärung erwartet werden.

Tab. 4: Chemische Zusammensetzung verschiedener Futterpflanzen (THAYSEN, 1996)

Futterpflanze	TS-Gehalt in %	Zucker (Z) in g/kgTM	Rohprotein in g/kgTM	Pufferkapazität (PK) in g MS/kg TM	Z/PK- Quotient	VK
Mais (Milchreife)	22	23	9	35	6,6	75
Mais (Teigreife)	30	11	8,5	32	3,4	57
GPS (Wi.-Weizen)**	42	5,5	9,5	22	2,5	62
GPS (So.-Gerste)*	43	6,3	10	41	1,5	55
Welsches Weidelgras	20	19	18	55	3,5	48
Deutsches Weidelgras (DW)	21	15,5	17,5	48	3,2	47
Knautgras	22	9,5	16,8	43	2,2	40
Kleegras (DW + 25 % Weißklee)	22	9,5	16,8	43	1,5	40
Rotklee	20	11,5	17	69	1,7	34
Wiesenrispe	19	8	17,5	53	1,5	31

* Ende Milch-/Anfang Teigreife ** Mitte Teigreife

Eine besondere Rolle bei der Gärung kommt dem Nitrat zu. Während des partiellen Nitratabbau (in einer gut vergorenen Silage werden ca. 30 % des NO₃ reduziert) bis hin zum Ammoniak entsteht als Zwischenprodukt Nitrit. Bereits geringe Nitritkonzentrationen bringen eine spezifische Hemmwirkung gegenüber Clostridien und beeinflussen auf diese Art und Weise den Gärverlauf positiv. Extrem nitritarme Silagen, wie sie auf sorptionsschwachen Standorten bei Verzicht auf N-Düngung und später Nutzung (Extensivgrünland) häufig anzutreffen sind, neigen daher zu Fehlgärungen. Ein Mindest-Nitratgehalt des Siliergutes von 0,5 g NO₃/kg TM sollte nicht unterschritten werden. Nach neueren Untersuchungen (WEISS, 2010) ist jedoch eine Beeinflussung des Nitratgehaltes nicht sicher möglich.

3.4 Fehlgärungen und deren Verhinderung

Zu den unerwünschten Mikroorganismen zählen Enterobakterien (Essigsäurebildner), Clostridien und Fäulnisbakterien, Schimmelpilze, sowie Hefepilze, die unter anaeroben Bedingungen Zucker zu Alkohol und bei Luftzutritt (aerob) als Verursacher der Nachwärmung fungieren. **Enterobakterien** sind auf dem Siliergut meistens in hoher Konzentration vorhanden. Sie können bei zu geringer pH-Wert-Absenkung zu Beginn der Silierung und einem ungenügenden sofortigen Luftabschluss nach Beendigung der Befüllung Essigsäure bilden. Die Vergärung des Pflanzenzuckers zu **Essigsäure** bewirkt höhere Silierverluste als zu Milchsäure. Während geringe Konzentrationen an Essigsäure die aerobe Stabilität fördern, können höhere Gehalte die Futteraufnahme beeinträchtigen.

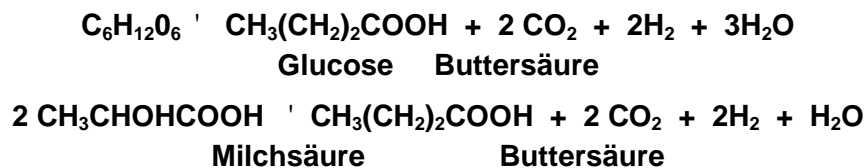
Eine wirksame Vermeidung zu hoher Essigsäuregehalte wird erreicht durch:

- intensive Verdichtungsarbeit
- sofortiges Zudecken des Silostapels nach Beendigung der Befüllung und des Nachwalzens mit Unterziehfolie und Silofolie.

Besonders die Gärfutterschädlinge der bodenbürtigen **Clostridien** sind als Hauptverursacher von Fehlgärungen zu benennen, weil sie die Fähigkeit besitzen, Milchsäure und Protein abzubauen und den völligen Verderb der Silage einzuleiten.

Sie vermehren sich ohne Sauerstoff (anaerob) als Folge einer unzureichenden Säuerung (pH-Wert) und sind aufgrund des geringeren osmotischen Druckes in Nasssilagen eher anzutreffen als in Anwelksilagen. Es gibt verschiedene Clostridienarten, die neben Zucker auch Proteine abbauen können. Als Abbauprodukt entsteht Ammoniak, das in der Silage puffernd wirkt und somit den pH-Wert erhöht. Wenn die Substanzen verbraucht sind, kann auch Milchsäure von den Clostridien verstoffwechselt werden, so dass der pH-Wert weiter ansteigt. Die Folge ist eine weitere Vermehrung der meist begeißelten und damit beweglichen Clostridien. Die Silage ‚kippt‘ um und geht in das Stadium der Fäulnis über.

Die **Buttersäurebildung** durch die Saccharolyten verläuft nach folgenden Gleichungen:



Das Vorhandensein von Buttersäure stellt ein wesentliches Kriterium für die Einschätzung des Siliererfolges und die Silagequalität dar. Clostridienkeime können die Milch infizieren und stellen deren Käseereitauglichkeit in Frage (Spätblähung bei der Hartkäseerei). Die Buttersäurebildung kann bei nasser Silagen mit chemischen Siliermitteln und bei Anwelksilagen durch Zusätze, die die Säuerung beschleunigen (homofermentative Milchsäurebakterien, MSB_{ho}) sowie durch den Zusatz von Nitrat (s.o.) unterdrückt werden.

Schimmelpilze sind strikt aerob, d.h. sie können sich nur bei Lufteinschluss in der Silage oder bei Luftzutritt während der Entnahme vermehren. Schimmelpilze können Mycotoxine bilden. Daher sollten verschimmelte Futterpartien nicht verfüttert werden.

Kurz nach erfolgtem Luftabschluss durch das Zudecken wird der Luftsauerstoff veratmet und es entsteht eine CO₂-Atmosphäre im Silo. Immer noch können sich Schimmelpilze, die mit sehr wenig Luft auskommen, vermehren, wenn Gärsubstrat und Feuchtigkeit im Silo

vorliegen. Nach vollständigem Sauerstoffverbrauch stellen die Pilze ihr Wachstum ein, können sich aber nach Öffnen der Silage in zu gering verdichteten Partien der Silage oder bei zu geringem Vorschub wieder vermehren und ein sichtbares Mycel (Schimmel) bilden. Bei den ‚hot-spots‘ handelt es sich überwiegend um die Art *Penicillium roquefortii* (**blaue** Farbe). Wenn eine **rötliche** Farbe vorliegt, ist häufig die Art *Monascus ruber* oder überwiegend in sehr trockenen Silagen die Art *Aspergillus fumigatus* (**weiß-grau**) anzutreffen.

Eine sichere Vermeidung der Schimmelbildung wird erreicht durch:

- intensive und hohe Verdichtung
- schnelle und dauerhaft wirksame Zudeckung bei luftdichten Silos
- hoher Entnahmevorschub (>2m/Woche)

Wenn **Hefepilze** ohne Sauerstoff Gärsubstrat zu Alkohol vergären, entstehen relativ geringe Verluste. Aber nach Luftzutritt werden alle energiehaltigen Substanzen genutzt und die Hefepilze vermehren sich intensiv. Die dabei entstehende Fermentationswärme wird als Nacherwärmung (bis 50°C) bezeichnet. Den Zeitraum, in dem sich ein Futtermittel nach Luftzutritt um nicht mehr als 2–3 °C erwärmt, bezeichnet man als **aerobe Stabilität**. Sie wird in Tagen oder Stunden angegeben. Dabei sind insbesondere Hefepilze, aber auch aerobe Bakterien und Schimmelpilze aktiv, die Zucker oder Milchsäure oxidativ abbauen. Die Folgen sind Erwärmung, ein Anstieg des pH-Wertes (Verstoffwechslung von Milchsäure) und Einleitung weiterer Verderbprozesse (insbesondere anschließende Verpilzung). Die Silagen widerstehen dem aeroben Stoffabbau in unterschiedlichem Maße. Diese Eigenschaft ist vom Siliergut und den Silierbedingungen abhängig.

Eine sichere Vermeidung der Nacherwärmung wird erreicht durch:

- schnelle Bergung eines nicht zu trockenen Futters (max. 45 % TM)
- intensive und hohe Verdichtung
- schnelle und dauerhaft wirksame Zudeckung bei luftdichten Silos
- Mindestgärdauer Grassilage 5–6 Wochen, Maissilage und GPS: 3–4 Wochen
- Mindest-Entnahmevorschub im Durchschnitt des Jahres: 1,5–2,0 m/Woche

4. Konservierende Lagerung

Bei der Konservierung bleiben die Pflanzenzellen lebensfähig und stoffwechselaktiv. Ohne entsprechende Maßnahmen können sich daher unerwünschte Mikroorganismen bei falscher, meistens zu feuchter Lagerung vermehren, Mycotoxine bilden und das Futter für die Verabreichung untauglich machen. Durch konservierende Maßnahmen, in erster Linie Belüftung mit kühler Luft (Ziel: < 10°C), wird die Atmungswärme abgeführt und der Verderbprozess verhindert. Um Kosten zu sparen, kommen zunehmend weitere Verfahren zum Einsatz:

- Trocknung auf Kornfeuchten unter 14 %
- Kühlung auf Lagerungstemperaturen unter 10°C
- gasdichte Lagerung unter CO₂-Atmosphäre
- Konservierung mit organischen Säuren
- Silierung mit / ohne Wasserzusatz.

Getreide oder Körnerleguminosen können für Futterzwecke nach entsprechender Reinigung in verschiedene Lagerungssysteme wie Hoch-, Flach-, oder Schlauchsilos bei Restfeuchten unter 14 % eingelagert werden. Da die Trocknung kostenintensiv ist, können die erntefrischen Materialien bis maximal 17 % Restfeuchte gekühlt werden. Dazu muss die Außentemperatur mindestens 5°C unter der Guttemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit unter 70 % liegen. Liegen höhere Restfeuchten vor, bieten sich die Verfahren der Feuchtkonservierung oder der Feuchtkornsilierung unter Beachtung der jeweils aktuellen futtermittelrechtlichen Regelungen an.

Die **gasdichte Lagerung** unter CO₂-Atmosphäre als **Feuchtsilierung** in Hochsilos oder Schlauchsilos ist die einfachste Form der Konservierung. Das erntefrische gequetsche Gut sollte Restfeuchten von mindestens 25 bis 30 % aufweisen. Das Konservierungsprinzip ist das einer Milchsäuregärung. Folglich kann der Prozess durch den Zusatz von MSB_{ho} plus 400 g K-Sorbat/t FM zur Senkung der Verluste unterstützt werden. Bei zu erwartenden geringen Entnahmemengen können auch propionsäurehaltige Zusätze mit Aufwandmengen von 4–6 l/t FM eingesetzt werden.

Die Zusätze können entweder direkt beim Quetschen oder bei der Einpressung in den Schlauch zugegeben werden.

Bei der **Feuchtkonservierung** muss die Lagerstabilität durch eine Steigerung der Säuremenge von 3,5 bis 25 L/t FM in Abhängigkeit von der geplanten Lagerdauer und der vorliegenden Feuchte erreicht werden. Wird das Gut gequetscht oder geschrotet, so ist die Aufwandmenge des Zusatzes zu erhöhen. Die von Herstellern zur Verfügung gestellten Dosiertabellen der Zusätze sind peinlichst genau zu beachten, da Unterdosierungen oft Verluste, Erwärmungen oder Schimmelbildungen zur Folge haben. Als Produkte kommen hauptsächlich propionsäurehaltige o. Kombinationen mit organischen Säuren wie Benzoe-, Sorbin- oder Ameisensäure zum Einsatz. Die Applikation erfolgt direkt bei den Dosierschnecken. Bei der Verwendung von ‚NC‘-Ware (non corrosiv) oder bei Zusatzwechsel ist aufgrund einer anderen Viskosität die Dosiermenge durch eine genaue Ausliterung zu kontrollieren.

Wegen der ätzenden Wirkung der organischen Säuren müssen alle Vorsichtsmaßnahmen beim Einsatz (Schutzkleidung) beachtet und in einem vereinfachten HACCP-Verfahren (Merkblatt und Musterdokument unter www.futtermittel.net) dokumentiert werden. Die Einlagerung von säurebehandelten Gütern darf nicht in korrosionsanfällige Silos (verzinkte Bleche) erfolgen. Während der Lagerphase müssen die behandelten Partien auf ihre Sensorik und Temperaturentwicklung im Futterstock überprüft werden. Schüttkegel sind zu vermeiden, da durch den möglichen ‚Kamineffekt‘ schnell höhere Temperaturen erreicht werden. Eine Folienabdeckung bei Unterdachlagerung ist nicht erforderlich.

Körnermais wird entweder wie anderes Getreide getrocknet oder kann als **Feuchtmais** (ca. 65–70 % TM) sowie **Lieschkolbenschrot** mit Lieschblattanteilen (LKS, 55–65% TM) oder zusätzlich mit Spindelanteilen als **Corn-Cob-Mix** (CCM, 55–65 % TM) einsiliert werden. Tabelle 5 gibt einen Überblick über die Produkte der Maispflanze mit ihren wertbestimmenden Futterwertigenschaften. Während LKS mit dem Feldhäcksler geerntet wird, ist der Mähdrescher, mit Kolbenpflückvorsatz ausgestattet, die zentrale Erntemaschine zur Erstellung von Feuchtmais oder CCM. Das Siliergut wird direkt nach der Ernte gequetscht bzw. gemahlen. Alle Maisprodukte sind leicht silierbar, aber anfällig für Nacherwärmung. Durch den Zusatz von Silier- oder Konservierungsmitteln lassen sich diese Verlustquellen sicher eliminieren.

Tab. 5: Maisprodukte im Vergleich

Restpflanze %	30...100	10	0	0	0	0
Lieschen %	100	80	5	0	0	0
Spindel %	100	100	100	30...80	<10	0
Körner %	100	100	100	100	100	100
	Maissilage	LKS	Kolben- schrotsilage	CCM-Silage	Feuchtmais	Körnermais
TM %	30–40	55–58	59	60	63	64
MJ NEL/kg TM	6,5–7,5	7,6	8	8,2	8,6	8,4
Stärke g/kg TM	300...500	510	590	620	660	700

Kartoffeln für Futterzwecke sind in der Regel nicht lange lagerfähig, da es sich um nicht mehr marktfähige Restpartien handelt, deren Lagerungseignung oft durch Infektion mit Lagerfäuleerreger und Verletzungen gemindert ist. Als optimale Bedingungen sind für die Hauptlagerungsphase 3 bis 5°C und eine relative Luftfeuchte von 90 bis 95 % in entsprechenden Hallen erforderlich. Für die Lagerung von Futterkartoffeln sind zwangsbelüftete Großmieten mit kombinierter Stroh-Folien-Zudeckung besonders gut geeignet.

Rüben werden vorrangig durch die konservierende Lagerung bevorratet. Die Lagerungseigenschaften der Sortengruppen sind differenziert. Während die Atmungsintensität und die Anfälligkeit für das Welken mit steigendem Zuckergehalt (Massenrüben, Gehaltsrüben, Futterzuckerrüben, Zuckerrüben) zunehmen, verringern sich die Empfindlichkeit gegenüber Frost und mechanischen Verletzungen. Bei schonender Behandlung sind die Lagerungseigenschaften von Massen- und Gehaltsrüben günstiger als die von Zuckerrüben. Als optimale Bedingungen gelten Lagerungstemperaturen bei Zuckerrüben von 0 bis 4°C und bei Futterrüben von 2 bis 5°C sowie eine relative Luftfeuchte von 90 bis 95 %. Rüben für Futterzwecke werden vor allem in Großmieten ohne und mit Zwangsbelüftung gelagert. Die Zudeckung erfolgt zweckmäßigerweise mit der Kombination von Strohhallen und Folien. Die maximale Lagerungsdauer richtet sich nach den Lagerungseigenschaften der Rüben sowie dem Lagerungsverfahren und schwankt zwischen 4 und 6 Monaten. Auch das **Silieren von ganzen Rüben** in gasdichten Folienschläuchen ist möglich. Der Vorteil gegenüber dem Silieren zerkleinerter Rüben liegt in der Verlustreduzierung durch die Vermeidung der Gärstoffverlustquelle.

5. Silierzusätze und deren Einsatz

Mit der EU-Verordnung 1831/2003 werden die Siliermittel und Konservierungsstoffe als zulassungspflichtige, technologische Zusatzstoffe im Sinne des Futtermittelrechts eingeordnet. Ab 2011 dürfen in der EU nur noch zugelassene Wirkstoffe der Zusätze als Siliermittel und Konservierungsstoffe in den Verkehr gebracht bzw. in der Praxis eingesetzt werden. Die Futtermittel-Hygieneverordnung sieht sowohl Siliermittel als auch Konservierungsstoffe vor. Während Siliermittel ohne Dokumentations-Auflagen eingesetzt werden können, unterliegt der Konservierungsstoffeinsatz (z.B. Propionsäure) einer Betriebsregistrierung und Aufzeichnungspflicht.

Die Anwendung von Silierzusätzen dient der Qualitätssicherung und -verbesserung von Silagen, der Erreichung des Konservierungserfolges sowie der Reduktion von Verlusten. Sie wirken in verschiedenen Abschnitten im Silierprozess, verbessern die Vergärbarkeit des Siliergutes und unterdrücken unerwünschte Gärschädlinge. Die für die Praxis relevanten Produkte lassen sich nach ihrer Wirkungsrichtung alleine oder in Kombination mit anderen Zusätzen einteilen:

1. Gärsubstrate (Zucker, Melasse, Trockenschnitzel)
2. Milchsäurebakterien (homo-, heterofermentativ)
3. Chemische Zusätze (Neutralsalze und Säuren)
4. Enzyme (Hemicellulasen, Amylasen, etc.)
5. Weitere (Trockeneis, Absorber)

1) Gärsubstrate wie Zucker, Melasse und zuckerfreisetzungsfördernde Zusätze wie z.B. Trockenschnitzel liefern vergärbare Substrate als Nahrungsquelle für die Milchsäurebakterien. Folglich sind Gärsubstrate immer dann sinnvoll einzusetzen, wenn ein Zuckermangel - oft in Kombination mit einer erhöhten Pufferkapazität - wie z.B. bei Feuchtsilagen oder leguminosenreichen (mindestens 60 % Leguminosen) Siliergütern vorliegt. Der optimale TM-Bereich liegt für derartige Siliermaterialien bei 25–35 % TM, darunter finden feuchteliebende Buttersäurebakterien gute Vermehrungsbedingungen. Da dies ebenfalls vom zugesetzten Zucker einen Nutzen ziehen, und mit einer möglichen Gärstoffbildung geht wertvoller Zucker verloren. Bei TM-Gehalten über 40 % kann ein Melassezusatz aufgrund reduzierter Gärintensität den Restzuckergehalt erhöhen und bei suboptimalen Silierbedingungen zu einem erhöhten Risiko der aeroben Instabilität führen.

Zuckerrübenmelasse weist bei einem TM-Gehalt von ca. 70 % und einem Zuckergehalt von ca. 50 % einen Energiegehalt von 8 MJ NEL/ kg TM auf. Bei Einsatzmengen von 15 kg (Gras) bis etwa 45 kg (Leguminosen) je Tonne Siliergut über Dosiergeräten am Ernteaggregat oder bei Schwadbehandlung wird eine Silage mit einer verbesserten Verdichtbarkeit, erhöhter Verdaulichkeit mit einer erhöhten Energiedichte bis 0,3 MJ NEL/kg TM und reduzierten Silierverlusten erreicht. Der zusätzliche Einsatz von Milchsäurebakterien sichert zudem eine schnelle Ansäuerung.

2) Milchsäurebakterien (MSB) sind auf biotechnologischem Wege gewonnene, vermehrungsfähige Lactobakterien. Sie werden überwiegend in getrockneter, hochkonzentrierter Form in Präparaten angeboten und in flüssigen Suspensionen oder in Granulatform dem Siliergut zugegeben. Ihr Wirkungsmechanismus besteht in einer Erhöhung der Keimdichte zu Beginn der Silierung sowie in einer Beschleunigung und Steuerung der Gärung. In Siliermitteln sind folgende 2 Arten alleine oder in Kombination mit einem oder mehreren Stämmen vertreten:

- a) homofermentative Milchsäurebakterien (MSB_{ho})
- b) heterofermentative Milchsäurebakterien (MSB_{he})

Die Effekte der biologischen Impfkulturen sind an die geeigneten Anwendungsbedingungen (TM von 25–45 %, Mindestzuckergehalt von 3 % FM) und eine gleichmäßige Verteilung im Dosiergut mittels geeigneter Dosiergeräte im Gutstrom bei der Ernte gebunden. Weiterhin sind alle bekannten Regeln der Siliertechnik (Befüllen, Verdichten, Abdeckung, Vorschub)

strikt einzuhalten. **Homofermentative Milchsäurebakterien (MSB_{ho})** verstoffwechseln den Zucker sehr schnell und wirkungsvoll nahezu ausschließlich zu Milchsäure. Das führt zu einer intensiven Absenkung des pH-Wertes, Unterdrückung von Gärschädlingen, Verringerung des Proteinabbaus, Reduzierung der Gärverluste, Erhöhung der Energiedichte von 0,1–0,2 MJ NEL/ kg TM und damit zu einer Verbesserung der Verzehrs- und Futterwert-eigenschaften der Silage. Da jedoch die Essigsäuregehalte behandelter Silagen meistens sehr niedrig liegen, kann die aerobe Stabilität bei gleichzeitig hohen Restzucker- und Milchsäuregehalten verringert sein. Folglich sind die Voraussetzungen (Siliermanagement) und insbesondere ein Mindestvorschub von 2 m/Woche strikt einzuhalten, soll ein wirtschaftlicher Erfolg mit dem Siliermitteleinsatz mit MSB_{ho} erzielt werden. **Heterofermentative Milchsäurebakterien (MSB_{he})** setzen vergärbare Kohlenhydrate nicht nur zu Milch-, sondern auch zu Essigsäure um. Essigsäure verbessert die aerobe Stabilität, erhöht jedoch auch die Gärverluste. Der Stamm *Lactobacillus buchnerii* bildet zusätzlich 1.2 Propandiol, ein energiereicher Alkohol wie Propylenglykol. Bei einer Verwendung von MSB_{he} ist auf einen Mindest-TM-Gehalt von 30 % zu achten und die Gärung sollte 6–8 Wochen ungestört ohne Lufterfluss verlaufen, da sonst die Essigsäurebildung unterbrochen und damit das Ziel einer Verhinderung der Nacherwärmung unter Entnahmebedingungen nicht erreicht wird.

3) Chemische Zusätze (Neutralsalze) zur Steuerung des Gärverlaufs sind Stoffe mit selektiv mikrobizider Wirkung, die unerwünschte Mikroben ohne säuernde Wirkung unterdrücken. Deshalb darf beim Einsatz derartiger Zusätze ein Mindestzuckergehalt in Höhe von 5 % TM (Siliergut >30 % TM) bzw. 8 % TM (Siliergut <25 % TM) nicht unterschritten werden, um eine anschließende Milchsäuregärung zu ermöglichen. Diese Zusätze haben somit eine Wirkungsgrenze bei sehr schlecht silierbarem Ausgangsmaterial (VK unter 25).

Chemische Zusätze (Ameisensäure, Propionsäure, Benzoe- und Sorbinsäure) zur Unterdrückung der mikrobiellen Fermentation verhindern neben den Verderbprozessen auch die Milchsäuregärung. Säuren bzw. deren abgepufferte Versionen in hoher Dosierung (5 bis 6 L/Tonne Siliergut) oder im Gemisch mit anderen Säuren senken den pH- Wert soweit ab bzw. die mikrobizide Wirkung der Ameisensäure ist so hoch, dass kaum noch eine Fermentation stattfindet und eine weitgehend chemische Konservierung vorliegt. Ein guter Konservierungserfolg ist unabhängig von der Menge an vergärbarem Substrat des Siliergutes erreichbar.

Säurehaltige Zusätze werden auch zur Vermeidung von Nacherwärmung eingesetzt. Als Applikationstechnik sind säurefeste Dosiergeräte mit einer den Aufwandmengen entsprechenden, leistungsfähigen Pumptechnik erforderlich.

4) Enzyme haben das Potential, nicht vergärbare Kohlenhydrate aufzuschließen und damit schwer silierbares Futter den Milchsäurebakterien zugänglich zu machen. Allerdings ist das an eine unwirtschaftlich hohe Einsatzmenge gebunden. Zurzeit enthalten einige Milchsäurebakterienzusätze Enzyme als Beimischung, allerdings in relativ geringer Konzentration mit folglich geringen Wirkungsanteilen. Eine Neuentwicklung stellen Milchsäurebakterien dar, die die Enzyme selber bilden.

5) Weitere Zusätze wie Trockeneis sind als CO₂-Lieferanten speziell in Großsilos bei mehrtägiger Befüllung einsetzbar. Das 70°C kalte Trockeneis wird in Tiefkühlcontainern

angeliefert und zur Silierung gebröckelt. In einem Kilogramm sind 600 Liter CO₂ enthalten, die den restlichen Sauerstoff verdrängen und somit die Silierung optimieren. Futterharnstoff ist futtermittelrechtlich kein Silier- oder Konservierungsstoff, sondern kann zur RNB-Erhöhung zu Maissilage von 3 bis 6 kg/Tonne Siliergut eingesetzt werden. Dabei wird als Nebeneffekt eine Verringerung möglicher Nacherwärmung in der behandelten Silage erreicht. Der Futterharnstoffeinsatz sollte aus Fütterungsgründen erfolgen und muss wie ein Säurezusatz dokumentiert werden.

Kombiprodukte aus 2 (MSB) und 3 (Chemischer Zusatz) haben den Anspruch, die Vorteile beider Komponenten in einem Produkt zu vereinen. Derzeit sind 2 verschiedene Kombinationen in der Praxis erhältlich:

- a) MSB_{ho} plus Benzoe- oder Sorbinsäure zur Verbesserung der aeroben Stabilität
- b) MSB_{ho} plus abgepufferte Säure zur Verbesserung der Gärqualität in schwer vergärbarem Material.

Zu a) Da bei alleinigem Einsatz von MSB_{ho} die aerobe Stabilität durch eine reduzierte Essigsäurebildung vermindert sein kann, soll der Zusatz einer schwachen Säure (Benzoe- oder Sorbinsäure) mit Aufwandmengen von 200 bis 400 g/t Siliergut diesen Nachteil ausgleichen. Die Säurekomponente kann aber die MSB_{ho} schädigen, so dass entweder eine getrennte Applikation mittels 2 Dosierern oder ein sofortiger Verbrauch einer Gebrauchslösung (bei Fertigprodukten) innerhalb maximal 4 h zu empfehlen ist.

Zu b) Der Einsatz der MSB_{ho} in schwer vergärbarem Futter soll den knapp vorhandenen Gehalt an Zucker in Milchsäure umsetzen und die abgepufferte Ameisensäure (Aufwandmengen je nach TM-Gehalt 2,5–4,5 l/t Siliergut) die Gärschädlinge unterdrücken. Das Wirkprinzip ist jedoch strikt an eine getrennte Applikationstechnik über 2 Dosierer gebunden.

DLG-Gütezeichen für Silier- und Konservierungsmittel

Derzeit gibt es über 120 verschiedene Produkte auf dem Markt. Das Praxishandbuch ‚Futter- und Substratkonservierung‘, DLG-Verlag gibt hierzu eine komplette Marktübersicht. Um die Auswahl des richtigen Produktes für den Praktiker zu erleichtern, empfiehlt es sich die Wahl eines **DLG-geprüften Zusatzes**. Siliermittel mit Gütezeichen sind in neutralen Einrichtungen mehrfach getestet und werden laufend überprüft. Dabei wird zwischen verschiedenen Wirkungsrichtungen und Anwendungsbereichen unterschieden (Tab. 6). Inzwischen gibt es mehr als 60 positiv geprüfte Gütezeichenprodukte auf dem Markt. Eine aktuelle Liste der DLG-Gütezeichenprodukte mit Preisangaben kann unter www.lwk-sh.de/Fachinfo/Pflanzenbau/Futterkonservierung oder unter www.dlg.org/siliermittel mit Herstelleradressen abgerufen werden.

Tab. 6: DLG-Gütezeichen: Gliederung nach Wirkungsrichtungen (1-5) + Anwendungsbereichen (A–D)

Gruppe		Beschreibung
1	A	Mittel zur Verbesserung des Gärverlaufes für schwer silierbares Futter VK < 35, Grundfutter mit zu niedrigem Gehalt an Gärsubstrat und / oder TM
	B	Mittel zur Verbesserung des Gärverlaufes für mittelschwer bis leicht silierbares Futter im unteren TM-Bereich , VK ≥ 35, TM ≤ 35 %, Gräser, Leguminosen, Silomais, Getreideganzpflanzen, jeweils mit ausreichendem Gehalt an Gärsubstrat
	C	Mittel zur Verbesserung des Gärverlaufes für leicht silierbares Futter im oberen Trockenmasse-bereich , VK ≥ 35 TM ≥ 35 % bis ca. 50 % Gräser, Leguminosen, Silomais, Getreideganzpflanzen, jeweils mit ausreichendem Gehalt an Gärsubstrat
	D	Mittel für spezielle Futterarten Futtermittel, die besondere Wirkungen des Siliermittels erfordern (z.B. Futterrüben, Pülpfen, Pressschnitzel)
2		Mittel zur Verbesserung der aeroben Stabilität von Gras oder Leguminosen vorzugsweise angewelkt, Silomais und Maiskolbenprodukte, Getreide-Ganzpflanzensilage, Feuchtgetreide, feuchter Körnermais, feuchte Leguminosensaat, andere Körnerfrüchte
3		Mittel zur Reduzierung von Gärtaftablauf
4	A	Mittel zur Förderung der Futteraufnahme
	B	Mittel zur Verbesserung der Verdaulichkeit
	C	Mittel zur Verbesserung der Mastleistung beim Rind
	C	Mittel zur Verbesserung der Milchleistung beim Rind
5	A	Mittel mit zusätzlichen Wirkungen Zur Verhinderung der Vermehrung von Clostridien im Futter

5.1 Grundsätze des Silierzusatzeinsatzes

Siliermittel besitzen bei richtiger Mittelwahl und gezielter Anwendung das Potenzial, die Gärqualität von Silagen zu verbessern, den Futterwert anzuheben und somit das Potenzial für bessere tierische Leistungen zu erzielen. Sie können jedoch kein minderwertiges Ausgangsmaterial z.B. bei sehr späten Schnittzeitpunkten aufwerten oder grobe siliertechnische Fehler wie eine zu geringe Verdichtung, eine unzureichende Abdecktechnik oder einen zu geringen Entnahmevorschub ausgleichen. Für den Einsatz der Siliermittel gelten folgende Grundsätze:

- bevorzugt DLG-anerkannte Siliermittel in geprüfter Dosierung einsetzen
- Auswahl des Mittels nach Zielrichtung und Anwendungsbereich
- bei ungünstigen Bedingungen mit chemischen Mitteln konservieren
- Preisvergleiche innerhalb einer Wirkungsrichtung vornehmen
- homogene Verteilung sicherstellen
- flüssige Produkte bevorzugen

5.2 Dosiertechnik und Aufwandmenge

Um alle in der Praxis vorkommenden Silierbedingungen abzudecken, hat es sich bewährt, über eine ausreichend dimensionierte, säurefeste Flüssigdosiertechnik zu verfügen, die es ermöglicht, alle Siliermittelarten – je nach Bedingungen des Ausgangsmaterials – einzusetzen.

Siliermittel wirken nur da, wo sie auch hingelangen. Das bedeutet, dass sie möglichst homogen mit dem Futter vermischt und überall auf das Futter dosiert werden müssen. Am sichersten geschieht dies mit einem Dosiergerät am Ernteaggregat (Ladewagen, Häcksler, Ballenpresse). Die Flüssigapplikation ist aufgrund der größeren Flexibilität und Wirkungssicherheit generell gegenüber der Granulat- oder Pulverform zu bevorzugen.

6. Siliertechnik und -management

Die Siliertechnik und deren sachgerechtes Management haben zum Ziel, 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 Anwelkgut parallel zur Futterbergung im Flach- oder im Schlauchsilos 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, kann dieser Abschnitt beim Ballen-Wickelfahren direkt im Anschluss an das Pressen stattfinden. 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.

6.1 Transportieren und Einlagern

Angepasste Transportlogistik der Häckselkette

Da i.d.R. nach Zeit abgerechnet wird, muss der Häckslerleistung immer die entsprechende Transportlogistik in Größe und Menge zugeordnet werden. Als vorteilhaft haben sich dabei 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. Nachteilig an Gespannfahrzeugen ist, dass ab einer gewissen Füllhöhe bzw. Steigung das Überfahren (auch bei zusätzlicher eingesetzter Zugkraft) nicht mehr möglich ist. Wenn ein Überfahren auch in größeren Höhen erforderlich ist, bietet sich als Transportfahrzeug der allradangetriebene LKW an. Bei ihm ist außerdem der Reifenverschleiß geringer als bei herkömmlichen Wagen und die mögliche Transportgeschwindigkeit höher, so dass mit weniger Kapazität die gleiche Leistung erzielt werden kann.

LKWs in der Silageernte

Lohnunternehmer setzen Chassis mit Allradantrieb ein. Die Bereifung wird auf Niederquerschnittstypen der Größe 650 x 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. Der größte Vorteil des LKWs wird aber erst beim Überfahren der Silomiete und dabei insbesondere bei größeren Steigungen und Stapelhöhen erkenntlich: LKW verdichtetes Siliergut lässt sich wesentlich besser befahren als das von Schlepper gezogene Silierwagen verdichtete. Die Folge ist: kein aufwendiges Anhängen von Schlepper 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.

Überfahren oder vorm Silo abkippen?

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

6.2 Verdichtung

Die Verdichtung von Silagen beeinflusst deutlich die Gärprozesse und die Lagerstabilität. Bei unzureichender Verdichtung kann verstärkt Sauerstoff durch die Anschnittfläche in das Silo eindringen. Die Menge des Luftzutrittes und die Eindringtiefe in den Futterstock werden von der Größe der Poren und Luftkanäle bestimmt. Diese fördern das Wachstum unerwünschter Keime wie Hefen und Schimmelpilze und führen zur Nacherwärmung der Silagen (Tab. 7). HONIG (1987) legte deshalb Mindestverdichtungen für einen Gasaustausch von $< 20 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ fest (Tab. 8), die als Sollwerte gelten.

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.

Bei Silomais kann eine Nacherwärmung durch Hefen und Schimmelbildung aufgrund des hohen Energiegehaltes und der laufenden Zuckernachlieferung zu erheblichen Verlusten führen. Untersuchungen an Maisilage zum Zusammenhang zwischen Dichte und Eindringtiefe der Luft im geöffneten Silostapel stellen heraus, dass bei einer Lagerungsdichte von $120 \text{ kg TM}/\text{m}^3$ die Luft bereits 50–100 cm tief in den Silostock eindringt. Bei einer Dichte von $270 \text{ kg TM}/\text{m}^3$

Tab. 7: Verdichtung, Hefenkonzentration und aerobe Stabilität bei Grassilage (KLEINMANN, 1996)

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

Tab. 8: 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

Tab. 9: Eindringtiefe der Luft an der Anschnittfläche von Maissilagen in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte (LOSAND, 2003)

Lagerungsdichte (kg TM/m ³)	120	150	180	210	240	270
Eindringtiefe der Luft (cm)						
von	50	45	30	25	20	15
bis	100	80	60	40	30	20

Erreichung einer hohen 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 Walzdruck ist in erster Linie abhängig von dem Kontaktflächendruck (kg/cm²), der durch die 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 Dauer 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 (Gras) bzw. 20–25 t TM (Silomais) 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 sollten zwei Silos angelegt werden, 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 6 m sollte nicht überschritten werden. Grundsätzlich sollten die Längen der Silos flexibel erweiterbar sein.

Walztechniken

Als Walzaggregate stehen aufballastete 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.

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. So erfordern 50 t/h Bergeleistung mindestens 12,5 t Walzgewicht. Beim Ladewageneinsatz gilt der Faktor 3.

1 Walzfahrzeug bei Grassilage 15–20 t TM/h

1 Walzfahrzeug bei Maissilage 20–25 t TM/h

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 Rund- bzw. Quaderballen

Beim Ballensilivverfahren kommen Quader- bzw. Rundballenpressen für unterschiedliche Ballengrößen zum Einsatz. Schneidwerke an den Pressen erhöhen die Verdichtbarkeit des Siliergutes und sind daher zu empfehlen. Quaderballenpressen verdichten höher als Rundballenpressen und sind daher für Qualitätssilagagen vorzuziehen. Für die Bereitung von Anwelksilage mit einem Trockenmassegehalt von 35–45 % ist eine Dichte von 220 kg TM/m³ gewünscht. Dieser Zielwert wurde in Untersuchungen mit Trockenmassegehalten von 35–50 % bei Quaderballen erreicht. Rundballen ergaben hingegen Dichten von 150–170 kg TM/m³.

Auch bei einer äußeren Luftabschlussgüte von 6 und 8 Folienlagen wurde bei einigen Versuchen bzw. Ausgangsmaterialien kein ausreichender Luftabschluss in den Silagen erreicht.

Verdichtung bei der Schlauchsilage

Beim Einsatz der Schlauchtechnologie wird Erntegut in einem Folienschlauch (größer als 200 µm Nenndicke, abhängig vom Schlauchdurchmesser) gelagert. Charakteristisch ist der Verzicht auf bauliche Maßnahmen und eine vergleichsweise kleine Anschnittfläche, die einen hohen Vorschub ermöglicht. Beim Einsatz der Schlauchpresse wird das Erntegut mit einem konstanten Massenfluss über Presswerkzeuge (Rotor, Schnecke) in einen Folienschlauch gefördert, der auf festem Untergrund liegen soll (Tab. 10). Mit zunehmender Masse nimmt auch der Druck im Schlauch zu. Dadurch wird eine Kraft erzeugt, die die Schlauchpresse nach vorne schiebt. Diese Kraft wird vom regulierbaren Bremssystem der Schlauchpresse aufgenommen und reguliert so den Druck innerhalb des Schlauches. Die Druckregulierung erfolgt über ein Manometer. Der Pressdruck wird über die Beobachtung der Foliendehnung an bestimmten Messpunkten (Dehnung der Folie um 10–15 %) kontrolliert. Je nach Futterart, Trockenmassegehalt und Untergrund ergibt sich nach Dehnungsmessung ein bestimmter (technischer) Druck, der eingestellt wird (zwischen 20 und 120 bar), um die Maschine anzubremsen und damit indirekt den Pressdruck zu erzeugen. Der Bremsdruck muss zum Beispiel verringert werden, wenn die Maschine auf nassem Untergrund läuft (der durch diesen Widerstand den Pressdruck automatisch erhöhen würde).

Tab. 10: Füllmengen von Siliergütern in Abhängigkeit vom Schlauchdurchmesser (WAGNER, 2006)

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

Die Durchsatzleistungen dieser Maschinen sind abhängig vom Schlauchdurchmesser und werden vom Hersteller je nach Siliergut mit 25–70 t/h (2,40 m Schlauchdurchmesser) bis zu 150–300 t/h (3,60 m Schlauchdurchmesser) angegeben.

7. Siloanlagen, Silobau und -abdeckung

Bei der Wahl des Silosystems sollte das System gewählt werden, das langfristig die höchste Silagequalität mit den geringsten Verlusten liefert. Die Silageherstellung sollte so verlustarm wie möglich bei gleichzeitig geringen Betriebskosten (Abdeckung, Einlagern – Auslagern,...) erfolgen. „Kosteneinsparung“ beim Bau der Siloanlage werden in der Regel schnell durch hohe Verluste und Betriebskosten aufgezehrt. Darüber hinaus muss die Anlage den Erfordernissen des Umwelt- und Gewässerschutzes gerecht werden sowie kompatibel mit den Bestimmungen des Cross Compliance sein.

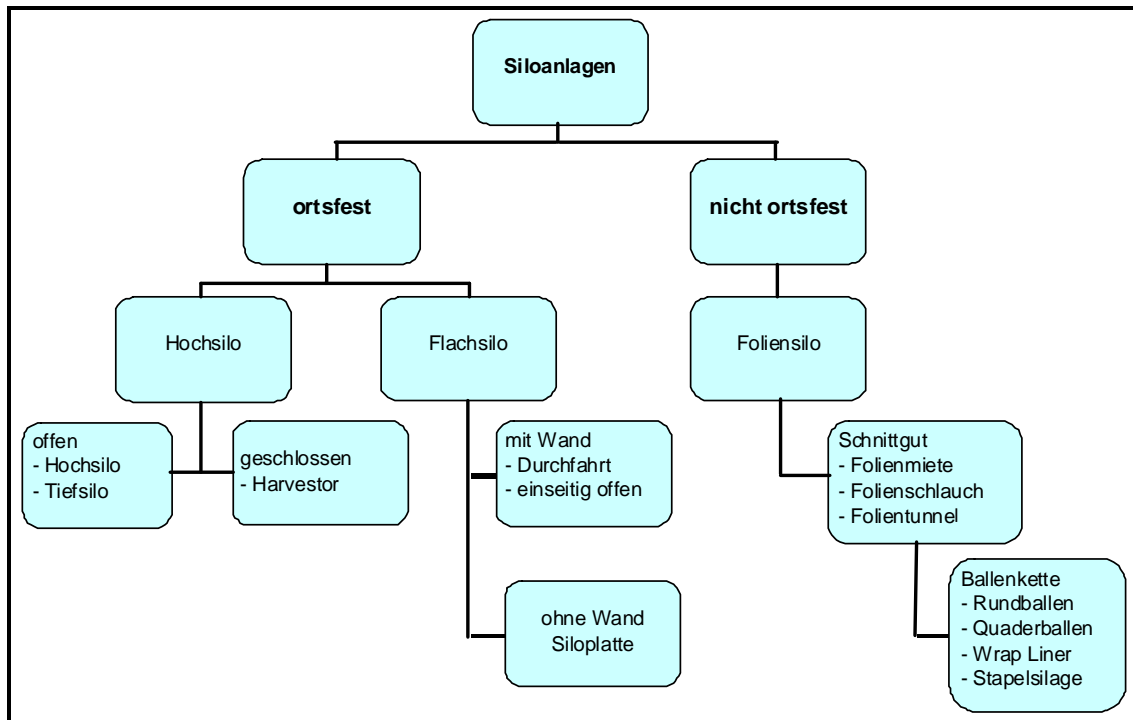


Abb. 7: Systematik von Siloanlagen (NUSBAUM, 2009)

7.1 Allgemeine Anforderungen zu Siloanlagen

- Die Anordnung der Silos soll der Logistik von Befüllung und Entnahme möglichst optimal genügen (frühzeitige Gesamtplanung unter Berücksichtigung von zukünftiger Betriebserweiterungen).
- Die An- und Abfahrten vor den Silos sollten befestigt sein, damit nicht unnötig Sand und Schmutz in die Silage gelangt; Mindestbreite der Rangierplatte 8 Meter.
- Es sollte seitlich noch genügend Fläche für die Randbeschwerung der Folien vorhanden sein. So wird unerwünschte Zuluft von den Seiten verhindert und den Schadnagern (Ratten, Mäuse) der Zutritt erschwert.
- Das Oberflächenwasser von der Folie und von der sauberen Betonfläche muss gesondert ablaufen können.
- Die Abwässer von der Anschnittstelle und dem Beladeplatz des Futterwagens gelten als belastet und müssen separat aufgefangen und gelagert werden.
- Die Beschaffenheit des Betons muss eine leichte Reinigung zulassen.
- Die Entnahmeseite sollte möglichst nicht zur Wetterseite ausgerichtet sein.
- Die Siloanlage muss in der Länge und um weitere Einheiten seitlich erweitert werden können.
- Damit die Silofolie über die Wand gezogen werden kann, ist ein Abstand zum Nachbarsilo von 1 m oder mehr sinnvoll. Der Zwischenraum wird entweder mit Kies frostsicher verfüllt oder aber zur Ableitung des Regenwassers als feste Rinne ausgebildet.

7.2 Rechtliche Anforderungen an Siloanlagen

Ortsfeste Siloanlagen sind nach den Bauvorschriften der Länder im Prinzip genehmigungsfrei. Aber in länderspezifischen Verordnungen und Erlassen werden folgende grundsätzliche Anforderungen an Siloanlagen gestellt:

- wasserundurchlässige Böden,
- gegebenenfalls wasserundurchlässige Wände sowie eine
- Ableitung flüssiger (belasteter) Abgänge in dichte Behälter.

Weitere bauliche Anforderungen für die Silagelagerstätten sind der DIN 11622 zu entnehmen, die zwischenzeitlich als technische Richtlinie eingeführt wurde. Danach wird ein Beton in Anlehnung an die DIN 4030 (hoher Widerstand gegen starke chemische Angriffe) gefordert. Ferner müssen die Anlagen so beschaffen sein und betrieben werden, dass:

- wassergefährdende Stoffe nicht austreten können bzw.
- austretende wassergefährdende Stoffe schnell und zuverlässig erkannt, zurückgehalten, aufgefangen und landwirtschaftlich verwertet werden.

Das bedeutet, dass ortsfeste Silolagerstätten über eine Einrichtung zum Auffangen von Silagesickersaft verfügen müssen. Gefordert ist ein Auffangvolumen von mindestens 3 % des Siloraumes, mindestens jedoch 3 m³. Bei Fahrsilos mit 1.000 m² Fläche und einer mittleren Füllhöhe von 1,5 m entspricht das einem Auffangvolumen von mindestens 45 m³. Dieses Auffangvolumen kann natürlich auch durch vorhandene Güllelagerräume sichergestellt werden. Dieses Volumen ist bei der geforderten Lagerkapazitätenberechnung für Neubauten ebenfalls zu berücksichtigen. Es dürfen keine größeren Mengen Gärsaft schlagartig in Güllegruben eingeleitet werden, weil beim Zusammentreffen von Silageabwasser und Gülle giftige Gase entstehen.

Bei der Anlage von Freigärhaufen ist zunächst das **Wasserhaushaltsgesetz** zu beachten. Es besteht die grundsätzliche Verpflichtung, „bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um eine Verunreinigung des Wassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu verhüten, ...“ Ferner dürfen „Stoffe (damit auch Silage) an einem Gewässer (auch Grundwasser!) nur so gelagert werden, dass eine Verunreinigung des Wassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften nicht zu besorgen ist.“ Darüber hinaus ist auch das **Bundes-Bodenschutzgesetz** anzuwenden, nach dem „Jeder, der auf den Boden einwirkt, sich so zu verhalten hat, dass eine schädliche Bodenveränderung nicht hervorgerufen wird (d.h. Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen).“ Konkret bedeutet dies, dass bei der Anlage von Feldsilos folgende Punkte beachtet werden sollen:

- Mindestabstand von 1,5 m zum höchsten Grundwasserstand einhalten.
- In Hanglagen sicherstellen, dass Oberflächenwasser nicht durch die Miete hindurchsickern kann.
- Zu Trinkwasserbrunnen ist ein Mindestabstand von 150 m, zu Vorflutern und Oberflächengewässern ein Mindestabstand von 50 m, zu Beton- und Asphaltstraßen sowie zu Betonrohrleitungen ein Mindestabstand von 10 m einzuhalten. Die Lagerung über Drainageleitungen und verrohrten Gewässern ist unzulässig!
- Die Lagerung darf nicht wiederkehrend an gleicher Stelle erfolgen.
- Silageabwasser muss aufgefangen und landwirtschaftlich verwertet werden. Anfallendes Silageabwasser darf nicht in einen Brunnen, ein Oberflächengewässer, die Drainage oder auch in eine Abwasserbehandlungsanlage (z.B. Nachklärteich) gelangen.
- In festgesetzten Wasserschutz- und Überschwemmungsgebieten sowie auf Böden mit hoch anstehendem Grundwasser gelten besondere Regelungen (Nachfrage beim Landkreis!).

Zusätzlich zu den einschlägigen Bundes- und Landesvorschriften gelten in diesem Bereich auch die **EU-Nitrat-** und **-Grundwasserrichtlinien**. Sie besagen, dass sowohl eine direkte als auch indirekte **Einleitung von Silagesickersäften in das Grundwasser** zu unterbleiben

hat. Die zuständigen Behörden überprüfen die einzelbetrieblichen Bedingungen der Silagesickersaftableitungen im Rahmen der Cross-Compliance-Systemprüfungen und der Cross-Check-Kontrollen.

7.3 Silodimensionierung

Mindestbreite: Parallelbetrieb

Das Walzfahrzeug muss vom ersten Wagen an möglichst ununterbrochen zum Einsatz kommen. Eine Mindestbreite des Silos von 7 m lässt ein paralleles Abladen und Walzen zu. Muss der Walzschlepper bzw. Radlader beim Entleeren der Erntewagen außerhalb des Silos warten, so reduziert sich seine Zeit für das eigentliche Verdichten. Ähnlich sieht es aus, wenn das Erntegut vor dem Silo abgeladen wird und vom Walzfahrzeug (Radlader) erst ins Silo geschoben und verteilt wird. Hinten geschlossene Siloanlagen haben eine reduzierte Walzleistung zur Folge. Besser gestaltet ist das Silo, wenn die Erntefahrzeuge von hinten oben nach vorne unten durch das Silo fahren können. Eine Zufahrtsrampe sowie ein hinten zur Hälfte oder zu einem Drittel geschlossenes Silo (schräger oder gerader Abschluss) erleichtern die Durchfahrt. Ohne Rampe müssen die vollen Fahrzeuge nach oben auf den Futterstock fahren.

Wandgeometrie

Damit kein Regenwasser in die fertige Silage eindringen und sie seitlich verderben kann, ist es günstig, wenn nach dem Befüllen das Silo komplett voll oder sogar leicht überwölbt ist. Die Silofolie kann dann über den Silorand hinaus gezogen werden. Eine zur Entnahmeseite hin auslaufende Wandform begünstigt die sorgfältige, luft- und wasserdichte Abdeckung der Silage. Ungünstig wirken sich gerade abschließende Wandformen aus, bei denen nach dem Befüllen vorne und hinten ungefüllte Ecken vorkommen, die so genannten „Eselsohren“ (Abb. 8 + 9).

Wand: schräg oder gerade stehend?

Gerade Wände erleichtern die Futterentnahme mit Blockschneider, Silokamm, Zange oder Fräsmischwagen. Die Silage kann nahezu komplett entnommen werden. Bei schräg stehenden Wänden (Winkel etwa 21–23°) bleibt nach der Entnahme ein seitlicher Keil stehen, der von Hand oder mit der Frontladerschaufel aufgeladen wird. Dass hinsichtlich der Gärprozesse die Verdichtungsarbeit optimiert werden muss, spricht unbedingt für schräg stehende Wände. Oberstes Ziel ist es also, die Ernte- bzw. Walzarbeit zu optimieren und die Erschwernis bei der Entnahme in Kauf zu nehmen.



Abb. 8: Ungünstige Wandgeometrie, NUSSBAUM, 2006



Abb. 9: Optimale Wandgeometrie, NUSSBAUM, 2006

Mindestlänge

Auch beim schwersten Walzfahrzeug entstehen schlecht verdichtete Schichten, wenn die frisch eingebrachte Futterschicht zu dick, also über 20–30 cm stark, ist. Nester- oder schichtweise auftretender Schimmel zeugt bei der Entnahme davon. Deshalb ist eine Mindestlänge des Silos von 30–35 m sinnvoll, damit die jeweils auf dem ganzen Futterstock gleichmäßig verteilte Schicht unter der kritischen Höhe von 30 cm bleibt. Der Einsatz eines Siloverteilers hat sich dabei zur Verteilung des Erntegutes über die ganze Silobreite bewährt. Je höher die Transportkapazität je Erntewagen ist, desto länger sollte also das Silo gebaut werden.

Silohöhe

Je höher die Silowand gebaut wird, desto billiger wird bei gleicher Grundfläche der erstellte Siloraum. Wird jedoch aufgrund hoher Wände der Mindestvorschub pro Woche von 1–1,5 m im Winter bzw. 2–3 m im Sommer unterschritten, dann kann die Nacherwärmung vorprogrammiert sein. Die Wandhöhe (bzw. Mietenhöhe) muss demnach nicht nach Baukosten, sondern über den Mindestvorschub berechnet werden. Über Tierzahl, Futteraufnahme (kg TM/Tier und Tag), Rationsanteile der einzelnen Silagen und dem Silagegewicht (kg TM/m³) kann der wöchentliche Silagebedarf (m³/Woche) errechnet werden. Wird dieser Bedarf durch den Mindestvorschub (m/Woche) geteilt, ergibt sich die maximale Anschnittfläche (m²), die so auch für Silohaufen errechnet wird. Daraus kann dann über die Silobreite die maximale Wandhöhe ermittelt werden. Daraus folgt, dass bei Sommersilagefütterung und dann höherem Mindestvorschub schmalere und vor allem niedrigere Silos gebaut werden müssen oder aber, dass die Sommersilos nur teilweise befüllt werden dürfen.

Sonstige Vorgaben

Der Siloboden sollte ein Gefälle von 1–2 % in Entnahmerichtung aufweisen. Die Gär-safrinne wird heute üblicherweise auf der Entnahmeseite vor dem Silo quer eingebaut, damit kein Sauerstoffzutritt in die Silage stattfinden kann. Diese Gefahr besteht, wenn sich die Rinne mittig im Silo befindet und der dann notwendige Syphon entweder nicht vorhanden oder nicht mit Silageabwasser gefüllt ist. Das bei der Gärung gebildete Kohlendioxid, das schwerer als Luft ist, kann dann aus dem Silo abfließen, Sauerstoff strömt nach und kann zu Schimmelbildung oder Nacherwärmung führen.

Besonderheiten beim Freigärhaufen

Ein Freigärhaufen (Siloanlagen auf unbefestigtem Untergrund) darf keinesfalls in der Form eines Fahrsilos nachgebaut werden, weil sonst die Mietenflanken zu steil und somit nicht ausreichend verdichtet werden. Der Haufen muss flach und so angelegt sein, dass ein Walzen quer zur Längsrichtung möglich ist. Die Anschnittfläche selbst muss dem Viehbesatz angepasst sein, damit der Vorschub auf jeden Fall über die Mindestvorgaben (s.o.) hinausgeht. Freigärhaufen benötigen deshalb mehr Grundfläche und aufgrund der größeren Oberfläche mehr Silofolie als Fahrsiloanlagen. Eine befestigte Unterlage, zum Beispiel mit einer Bodenfolie, sollte Standard sein, damit keine Futterschmutzungen sowie Gär-saftverlagerungen stattfinden. Da die mögliche Gär- und Sickersaftbildung zu erheblichem Aufwand führen, wie es die Vorschriften fordern, ist ein Trockenmassegehalt über 30 % zwingend notwendig. Darüber hinaus bestehen landesspezifische wasserrechtliche Vorgaben (Abstand zu Gewässern und Vorflutern, Anlageverbote in Wasserschutzgebieten, etc.). Die Anlage von Freigärhaufen sollte sich auf Jahre mit Futterüberschuss und knappem Siloraum beschränken.

7.4 Luftdichte Abdeckung der Silagen

Die Erfüllung des Konservierungsprinzips bei der Silagebereitung ist an eine perfekte Abdecktechnik gebunden. Je schneller nach der letzten Befüllung – und dem Nachwalzen – ein luftdichter Abschluss mittels Silofolien hergestellt wird, desto günstigere Gärbedingungen werden geschaffen. Das Risiko der Schimmelbildung und Nacherwärmung wird so vermindert. Gleichzeitig verhindert eine sorgfältige Abdeckung das Eindringen von Regenwasser.

Aufbau der Siloabdeckung

Bei festen Siloanlagen sollte die eingesetzte Silofolie immer seitlich über die Ränder zu ziehen sein, damit Regenwasser ablaufen kann. Damit werden durch Wassereinbrüche verursachte verfaulte Silageecken sicher verhindert. Unabhängig von der Siloanlage (mit oder ohne Wände) sollten grundsätzlich eine Unterziehfolie sowie eine Silofolie zur Abdeckung verwandt werden. Darüber kommen Schutzgewebe oder -gitter als 3. Lage zur Beschwerung bzw. Schutz vor mechanischen Verletzungen zum Einsatz. Bei der Verwendung von stärkeren Folien (Multi- oder Gewebefolie) kann auf das Schutzgewebe verzichtet werden.

Anforderungen an PE-Silofolien

Silofolien werden fast ausschließlich aus umweltfreundlichem Polyethylen (PE) in verschiedenen Farben (weiß, schwarz, grün, schwarz-grau, schwarz-weiß), Breiten von 4–16 m, Dicken von 100–200 µm und drei Qualitätsklassen (Standard, Qualität, DLG-geprüft) mit einer Preisspanne von etwa 0,20–0,60 €/m² angeboten. Die Verwendung DLG-geprüfter Folien (www.dlg-test.de) ist trotz des etwas höheren Preises anzuraten, weil sie unter anderem auf Materialbeschaffenheit, Folienstärke, Reißkraft, Reißfestigkeit, Dehnfähigkeit und Gasdurchlässigkeit sowie Säurebeständigkeit und Alterungsverhalten für den Silageeinsatz neutral überprüft wurden. Ferner wird auf den Gehalt an Regeneraten und die physiologische Unbedenklichkeit geachtet. Einige DLG-geprüfte Silofolien enthalten eine regenerathaltige Mittellage. Bei der Verwendung von nicht DLG-geprüften Silofolien sollte besonders auf die vorgenannten Merkmale geachtet werden.

Einfärbung

Silofolien sind meist einfarbig weiß oder schwarz eingefärbt. Bei zweifarbigen Silofolien ist die Oberseite weiß und die Unterseite schwarz oder auch grün. Transparente Folien eignen sich nicht als Siloabdeckfolien, weil sie nicht UV-stabilisiert sind und im Laufe der Zeit die erforderliche Gasdichtigkeit verlieren. Sie sind lediglich als Unterziehfolie geeignet. Weiße Silofolien reflektieren einen Anteil der Sonneneinstrahlung und vermindern dadurch die Erwärmung des Futters unter der Folie. Die Siloabdeckung mit weißer Folie ist dort angebracht, wo sie der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist und nicht ganzflächig mit Sand oder schwarzer Abdeckplane beschwert wird. Schwarze Silofolien erhalten ihre Farbe durch den Zusatz von Ruß. Sie zeichnen sich durch eine hohe UV-Stabilität aus (Witterungsbeständigkeit). Unter grüner Silofolie erwärmt sich der Futterstock nahezu ebenso stark wie unter schwarzer Folie. Da die UV-Stabilisierung grüner Folien aufwendiger und komplizierter ist, sind solche Folien teurer. Ihre grüne Farbe ist unter Umständen jedoch optisch vorteilhaft. Mehrschichtfolien bestehen aus einer weißen Oberfolie und einer schwarzen Unterfolie, die untrennbar miteinander verbunden sind. Man versucht so, die Vorzüge weißer und schwarzer Folien zu kombinieren. Durch die schwarze Unterziehfolie ist

eine fast völlige Lichtundurchlässigkeit gegeben. Bei Kostengleichheit mit schwarz eingefärbter Qualitätsware kann der Einsatz empfohlen werden.

Altfolienentsorgung

Gebrauchte Folien können als Zweitfolie zum Schutz der Abdeckfolie eingesetzt werden. Ausgebrauchte Folien müssen umweltgerecht entsorgt oder als Rohstoff für neue Kunststoffprodukte wiederverwertet werden, sofern der Schmutzanteil gering ist. Das Verbrennen von Altfolien auf dem Betrieb ist untersagt.

8. Silobewirtschaftung

Nach dem Siloverschluss sind bis zur Verwendung der Silagen im Stall bzw. in der Biogasanlage folgende Vorgänge zu beachten bzw. Maßnahmen einzuleiten:

- Kontrolle der Beschwerungsmaterialien auf dem Silo (Nachlegen, Nachspannen)
- Kontrolle auf Sickersaftbildung (bei TM-Gehalt <30 %, bei Stapelhöhen >5 m auch bei TM-Gehalten <35 %)
- Verschluss von Folienlöchern durch Zukleben
- Anschnittflächenbehandlung bei Nacherwärmung
- Silocontrolling (s. Kapitel 9)
- Selektion von verdorbenen, nicht verfütterbaren Silagepartien

8.1. Silagesickersäfte

Die Entstehung von Silagesickersäften stellt immer eine vermeidbare Verlustquelle dar und kann sich belastend auf die Umwelt und Baumaterialien auswirken. Sickersäfte müssen daher aufgefangen und landwirtschaftlich verwertet werden. Die Errichtung und der Betrieb von ortsfesten Silos sowie von Feldsilagemieten unterliegen diversen rechtlichen Regelungen, die mögliche Umweltbelastungen durch Einträge von Silagesickersäften in Oberflächengewässer, Grundwasser und Boden verhindern sollen. Die bisherigen länderspezifischen Regelungen werden zukünftig von einem bundeseinheitlichen Merkblatt zur Lagerung von Gülle, Jauche und Sickersaft (GJS) abgelöst. Es ist zwischen folgenden Silagesickersäften zu unterscheiden:

- a) Gärsaft:** Pflanzenwasser, das durch Zellaufschluss und Pressdruck als säurehaltige Flüssigkeit bei Trockenmassegehalten des Siliergutes unter 30 % entsteht. Hinweise zu anfallenden Mengen gibt Tabelle 11.
- b) Sickersaft:** Niederschlagswasser als wässrige Lösung, das mit Silage oder Silageresten während der Lager- und Entnahmepériode durch den Futterstock diffundiert und daher mit organischen Stoffen angereichert ist
- c) Verunreinigtes Niederschlagswasser** ist das Regenwasser, das mit Silage auf Siloflächen oder von Anschnittflächen in Berührung gekommen ist.

Tab. 11: Gärstaftanfall bei verschiedenen Siliergütern und Abwasserbehältergröße

Futterart	Ertrag dt/ha	Trocken- masse- gehalt %	Gärstaftanfall		Erforderliches Volumen des Auffangbehälters in Prozent der Silagemenge, mindestens 3 m ³	
			ins- gesamt m ³ /ha	Höchst- menge je Tag m ³ /ha/d ¹⁾	bei Lagerung des Gesamt- volumens	bei täglicher Entleerung
Stoppelrüben	450–700	10	20–30	4–6	70	8
Raps, Rübsen, Perko	300-400	10	13–18	3–4	70	8
Rübenblatt	300-500	12–18	8–20	2–4	35	6
Gras, Klee						
frisch	250–300	20	6–7	1–1,5	20	1,5
angewelkt	170–200	>30	0	0	0 ¹⁾	0 ¹⁾
Silomais						
milchreif	450–550	25	5–6	1 -1,5	8	1,5
teigreif	400–500	>30	0	0	0 ¹⁾	0 ¹⁾

¹⁾ Innerhalb der ersten 10 Tage nach der Befüllung

Quelle: Bayerisches Landesamt f. Umwelt, 2009

Gärstaft ist organisch hoch belastet und kann Gewässer und Beton aufgrund des pH-Wertes von 3 bis 5 erheblich schädigen. Das Einleiten von Silagesickersäften in Kanalisationen, Gewässer sowie das Versickern in den Boden sind deshalb verboten. Daher ist bei Siloanlagen die Installation eines Sammelbehälters vorzusehen. Wird der Silagesickersaft über eine Leitung einer Güllegrube zugeführt, kann auf den Sammelbehälter verzichtet werden. Saubere Niederschlagswasser aus Siloanlagen können hingegen örtlich flächig versickert werden.

Bei ortsfesten Siloanlagen und Feldsilos sollte eine möglichst geringe Menge an Silagesickersäften, die gelagert und ausgebracht werden muss, angestrebt werden. Hierzu sollte die Verschmutzung von Regenwasser durch Silagereste sowohl zeitlich als auch flächenbezogen weitgehend begrenzt werden. Ferner sollte die Siloplatte sauber gehalten werden. Mit Doppelabläufen kann das Regenwasser von dieser Fläche in Zeiten, in denen es sauber ist, in den Vorfluter geleitet und nur, wenn das Silo geöffnet und die Fläche mit Silageresten verschmutzt ist, in die Sammelgrube geleitet werden. Doppelabläufe weisen je eine Leitung zum Vorfluter und eine zur Sammelgrube auf. Durch Umstöpseln eines Verschlusspfropfens wird jeweils eine Leitung freigegeben.

8.2 Silopflege

Gär- und Sickersäfte sowie säurehaltige Silierzusätze können Betonteile schädigen. Bei ungenügender Betonstärke, falscher Betonqualität oder unfachmännischer Verarbeitung (Näheres zur Verwendung von Beton im Silobau unter www.beton.org) sind nicht nur Bauschäden, sondern auch Fehlgärungen durch Luftzutritt die Folge. Daher zählt die Silopflege mit zur Sicherung der Gärqualität. Im Wandbereich stehen Bitumen, Dispersionen, Polyurethan und Epoxid als Anstrichmaterialien zur Verfügung. Bitumenanstriche sind hinsichtlich Materialkosten am günstigsten, müssen jedoch jährlich erneuert werden. Je

weniger die Wände mechanisch angegriffen werden (Entnahmetechnik!), desto eher rentiert sich ein mehr- oder langjähriger Anstrich mit zwar hohen Material-, aber geringen Arbeitskosten. Das gilt auch für den Siloboden, wobei sich dort als zusätzliche Nutz- und Schutzschicht eine höhere Betonschicht (zusätzlich 6 cm), Guss- oder Walzasphalt (4 cm) anbieten. Nähere Infos zur Verwendung von Asphalt im Silobau enthält das Merkblatt des Deutschen Asphaltverbandes (www.asphalt.de).

8.3 Entnahme

Bei der Futterentnahme aus Silos sind täglich große Mengen zu bewegen. Die Techniken und deren Handhabung unterscheiden sich im Grad der Auflockerungen im Anschnittbereich (Tab. 12) und damit ihrem Einfluss auf die Nacherwärmung sowie hinsichtlich ihrer Kosten und arbeitswirtschaftlichen Aspekte. Die verwendeten Techniken umfassen Geräte im Frontlader (Greifschaukel, Fräswalzen) über Anbaugeräte am Schlepperheck (Blockschneider, Silokamm) bis gezogene bzw. Selbstfahrerlösungen als Fräsmischwagen.

Tab. 12: Trockenmasseverluste durch Lufteinfluss während der Silageentnahme

Grad der Futterauflockerung	TM-Verluste (%) bei einem Entnahmeintervall von ... Tagen			
	1	2	3	4
Siloanschnitt fest	0,1	0,4	0,7	1,3
Siloanschnitt aufgelockert	0,5	1,5	2,5	3,5

In Versuchen mit Fräse und Frontlader konnte bei der Entnahme mit der Fräse der Beginn der Umsetzungen um Tage hinausgezögert werden, während bei der Entnahme mit dem Frontlader bereits nach einem Tag eine stark erhöhte CO₂-Bildung festgestellt wurde. Die Temperatur im Anschnittbereich von Grassilagen liegt bei der Entnahme mit einem Blockschneider am niedrigsten und bei der Entnahme mit einem Reißkamm am höchsten. Ein Vergleich der Entnahmetechnik hinsichtlich der Auflockerungen und der Nacherwärmung im Silostock führt nur in Zusammenhang mit einer guten Verdichtung und einer luftdichten Abdeckung zu Unterschieden. Eine noch so saubere Abtrennung durch den Siloblockschneider kann qualitätsmindernde Maßnahmen vor der Einlagerung nicht kompensieren.

8.4 Vorschubgeschwindigkeit

Der bei der Entnahme in den Silostock eindringende Sauerstoff ermöglicht die Vermehrung von Hefen und Schimmelpilzen, die während der Lagerung überdauert haben. Untersuchungen ergaben, dass in 45 % der Silageanlagen mit einem wöchentlichen Vorschub von <1 m Nacherwärmung auftrat, bei einem wöchentlichen Vorschub von >1 m hingegen nur in 29 %. Bei optimaler Verdichtung dringt Sauerstoff ca. 1 m tief in den Futterstock ein, das heißt, bei einem Vorschub von 1 m/Woche ist die Silage eine Woche der Luft ausgesetzt. Bei einer Verdopplung der Vorschubgeschwindigkeit wird das Risiko der Vermehrung von Hefen und Schimmelpilzen drastisch reduziert. Die Größe der Anschnittfläche ist bei der Entnahme bereits vorgegeben und muss schon beim Anlegen der

Miete berücksichtigt werden. Eine Steigerung der Vorschubgeschwindigkeit ist dann nur durch eine Erhöhung des Anteils in der Ration oder durch eine Ausdehnung der Tierzahl (Verfütterung an alle Leistungsgruppen, Jungvieh, Mastvieh, Nachbarbetriebe) möglich. Eine weitere Möglichkeit ist das gleichzeitige Einsilieren von Gras- und Maissilage in einem Silo, um so größere tägliche Entnahmemengen zu realisieren.

9. Controlling

Zum Silomanagement gehört neben Fragen der Futter- und Ernteplanung auch das Controlling (Messen und Steuern). Das Controlling dient dazu, Fehler frühzeitig zu erkennen bzw. zu vermeiden, Eignung der Silage für bestimmte Tiergruppen festzulegen und Hinweise zur zukünftigen Verbesserung der Silageerzeugung abzuleiten. Die für das Controlling am Silo durchzuführenden Maßnahmen werden mit folgenden Methoden geprüft:

Relevante Punkte für das Controlling bei Silagen:

- Ertragsmessung und TM-Bestimmung bei der Ernte (Online-Verfahren oder Fahrzeugwaage)
- Durchführung von Futterwertanalysen
- Dichtemessung über spezielle Probebohrer oder Vermessung und Wiegung von Siloblöcken
- Maßnahmen am Siloanschnitt:
 - Temperaturmessung mittels Sonde
 - Erfassung der Sensorik (Geruch, Farbe, Gefüge)
 - TM-Gehalt, pH-Wert
- Futtermittelverzehr
- Leistung der Tiere

Bereits bei der Ernte sollte der Ertrag an Trockenmasse erfasst werden. Dies ist aus pflanzenbaulicher Sicht, zur Kontrolle des Silierzusatzeinsatzes und zur Futterplanung sinnvoll. Statt der bisher üblichen Vermessung der Silos empfiehlt sich die Einführung der Ertragsmessung am Häcksler bzw. Ladewagen.

Dichtemessung ist zu empfehlen!

Die Messung der Dichte kann über das Vermessen und Verwägen von Blöcken sowie über geeignete Probesteche erfolgen. Bei Grassilage sollten Werte über 220 kg Trockenmasse je m³ und bei Maissilage von über 240 kg Trockenmasse je m³ unbedingt erreicht werden. Unterschiede in der Trockenmasse sind für die Fütterung von besonderer Relevanz. Am Anschnitt soll die Silagequalität und das Ausmaß der Nacherwärmung nach einem festen Schema beurteilt werden. Die Sensorik (Farbe, Geruch, Gefüge) liefert einen ersten Eindruck und die Messung des pH-Werts z.B. über Lackmuspapier ergänzt ihn. Über die Nacherwärmung liefert die Messung der Temperatur an der Anschnittfläche eine wichtige Information. Zur Messung empfehlen sich Lanzen mit digitaler Anzeige.

Zur der Beurteilung der Temperaturen ist folgendes zu beachten:

- Öffnungstermin beeinflusst die Werte; 10 bis 15 Wochen nach der Silierung weitgehender Abfall
- ein ausgekühltes Silo hat im Mittel etwa 15°C
- bei ausgekühlten Silos zeigen Werte >20° C Nacherwärmung an
- Differenzen von 5°C und mehr zwischen Messpunkten weisen auf Nacherwärmung hin

Dichtemessung mit Siloblockschnidern

An bereits geöffneten Mais- oder Grassilagemieten kann die Bestimmung der Dichte mit Hilfe eines Siloblockschniders erfolgen. In einer definierten Silozone (Rand bzw. Mitte) wird mit einem Blockschneider ein Futterblock entnommen, vermessen und auf einer Fahrzeugwaage mittels Differenzwiegung verwogen. Dabei muss der Blockschneider gleichmäßig befüllt sein und der Block eine glatte Anschnittfläche haben, damit die zur Berechnung des Volumens benötigten Größen (Länge – Breite – Höhe) exakt bestimmt werden können. Zusätzlich ist der Trockenmassegehalt der Silage zu bestimmen, um das Raumgewicht in kg TM/m³ zu berechnen.

Dichtemessung mit Probenbohrern

Eine einfache Praxismethode, um die Verdichtung von Silagen über eine horizontale Bohrung einzuschätzen, ist mit einem Horizontalbohrer möglich. Mit diesem speziellen Probenbohrer wird ein definierter Bohrkern aus der Silage entnommen. Das Volumen dieses Bohrkerns wird mit Hilfe der Bohrlochtiefe (Messung mit Zollstock) und des Durchmessers (= Schnittkante des Bohrers) berechnet. Anschließend kann das Raumgewicht (kg FM/m³) aus Volumen und Gewicht ermittelt werden. Über die Trockenmassebestimmung der Silage (Handmethode nach Sinnenschlüssel, Schnellrockner, Mikrowelle oder Trockenschrank) erfolgt die Umrechnung der Verdichtung in kg TM/m³. Bei der Bestimmung der Verdichtung ist zu berücksichtigen, dass der Ort der Probennahme einen Einfluss auf das Ergebnis hat. Im Silokern können in der Regel höhere Werte erwartet werden als im Randbereich. Es empfiehlt sich daher, das Silo repräsentativ sowohl im Kern als auch im Randbereich zu beproben.

Der Erfolg der Verdichtungsarbeit ist derzeit nur nach Abschluss der Silierung zu messen und zu beurteilen. Um innerhalb der gesamten Prozesskette der Futterernte und -konservierung zu einem früheren Zeitpunkt operativ auf die Verdichtung Einfluss nehmen zu können, fehlen zeitnahe Informationen über die jeweiligen Kenn- und Prozessgrößen wie Trockenmassegehalt, Längencharakterisierung des Häckselgutes (z.B. Anteil Überlängen) und die damit verbundene Dichte. Hier besteht dringender Forschungsbedarf.

10. Beurteilung der Gärqualität

Zur Beurteilung der Gärqualität von Silagen wurde ein Bewertungsschlüssel (DLG, 2006) auf der Grundlage wissenschaftlicher Untersuchungen erarbeitet. Der Schlüssel gilt für alle Gärungssilagen. Basis der Bewertung sind chemische Untersuchungsbefunde der Silagen. Zur Bewertung werden die Merkmale des Gärungsverlaufes und Nährstoffabbaus im Silo herangezogen, die sich chemisch analytisch in der Silage nachweisen lassen.

Die Gärqualität lässt sich zuverlässig und differenziert im Wesentlichen aus den Gehalten und dem gegenseitigen Verhältnis von Buttersäure und Essigsäure ableiten. Die Einbeziehung des pH-Wertes gibt zwar meistens einen zusätzlichen Anhaltspunkt, ob bzw. wie stark eine Säuerung stattgefunden hat, die Gewichtung wurde jedoch im Vergleich zum Gärfutterschlüssel 2002 reduziert. Auf die bisherige zusätzliche Einbeziehung des Ammoniakstickstoffanteils am Gesamtstickstoff wird künftig verzichtet, da das damit angezeigte Ausmaß des Proteinabbaus bereits hinreichend über den Gehalt an Buttersäure erfasst wird. Der Buttersäure- und Essigsäuregehalt, sowie der pH-Wert werden mit Punktzahlen einzeln bewertet, und aus der Gesamtpunktzahl wird ein zusammenfassendes Urteil abgeleitet. Die Bewertung gilt für futterhygienisch einwandfreie Silagen (nicht verschimmelt, nicht verschmutzt oder verdorben). Alle Angaben im Beurteilungsschlüssel basieren auf den auf flüchtige Bestandteilen von Silagen (Säuren, Alkohole, Ammoniak) korrigierten Trockensubstanzgehalt - und zwar sowohl die Angaben für den Trockensubstanzgehalt selbst als auch die auf die Trockensubstanz bezogenen Konzentrationsangaben für die Säuren.

1. Beurteilung des Buttersäure- und Essigsäuregehaltes

Buttersäuregehalt		Essigsäuregehalt	
BS in % TM	Punkte	ES in % TM	Punkte
0–0,3	90	bis3	0
>0,3–0,4	81	>3–3,5	-10
> 0,4–0,7	72	>3,5–4,5	-20
>0,7–1,0	63	>4,5–5,5	-30
>1,0–1,3	54	>5,5–6,5	-40
>1,3–1,6	45	>6,5–7,5	-50
>1,6–1,9	36	>7,5–8,5	-60
>1,9–2,6	27	>8,5	-70
>2,6–3,6	18		
>3,6–5,0	9		
>5,0	0		

2. Berücksichtigung des pH-Wertes:

unter 30% TM		30–45 % TM		über 45 % TM	
pH	Punkte	pH	Punkte	pH	Punkte
bis 4,0	10	bis 4,5	10	bis 5,0	10
>4,0–4,3	5	>4,5–4,8	5	>5,0–5,3	5
>4,3–4,6	0	>4,8	0	>5,3	0
>4,6	5				

3. Bewertung

Gesamtpunktzahl (Summe 1. und 2.)	Gärqualität	
	Note	Urteil
...100–90	1	sehr gut
...89–72	2	gut
...71–52	3	verbesserungsbedürftig
...51–30	4	schlecht
<30	5	sehr schlecht

Es ist zu beachten, dass die Gärqualität nur einen Teilaspekt der Silagequalität erfasst. Anhand des DLG-Sinnenbewertungsschlüssels können weitere Qualitätsmängel (Geruch, Gefüge, Farbe) erkannt werden. Diese dienen sowohl der Plausibilitätsprüfung der chemischen Analyse, als auch dem Erkennen durch die chemische Analyse nicht erfasster aber möglicherweise vorhandener hygienischer Mängel wie Schimmelbefall, Hitzeschädigung oder bakterielle Zersetzung (Verrottung).

11. Grassilage Erzeugung

Grassilage wird sowohl vom Dauergrünland als auch von Ackerfutterbeständen mit verschiedenen Gräser-, Leguminosen- und Kräuterzusammensetzungen der Aufwüchse im Jahresablauf gewonnen. Den Schwerpunkt der Schnittnutzungen bilden die ersten beiden Aufwüchse. Der Schnittzeitpunkt hat neben der Zusammensetzung des Pflanzenbestandes, der Pflege und Düngung des Bestandes, der Witterung sowie der angewandten Siliertechnik den größten Einfluss auf die Qualität der Silage. Neben der Optimierung des Energiegehaltes ist auch die Gärqualität (buttersäurefrei) und die Lagerfähigkeit (aerobe Stabilität) durch einen gezielten Siliermitteleinsatz steuerbar. Nur die Durchführung aller Einzelmaßnahmen führt zu einer optimalen Qualität (THAYSEN, 2004).

11.1 Zusammensetzung des Mähbestandes

Das Vorhandensein eines gut silierbaren Pflanzenbestandes (d.h. Arten mit einem hohen Zuckergehalt) sichert einen optimalen Gärverlauf. Als Zielgrößen sollte der Anteil wertvoller Gräser bei 60–70 % Ertragsanteil (EA), der von Kräutern bei maximal 20 % EA und derjenige von Leguminosen bei 15–20 % EA liegen.

11.2 Schnittzeitpunkte

Um einen für hohe Tierleistungen notwendigen Energiegehalt von über 6,0 MJ NEL/kg TM (Mittelwert über alle Aufwüchse) zu erreichen, muss der Rohfasergehalt der Grasbestände weniger als 27 % in der TM betragen. Das bedeutet, dass die Mahd in der Vegetationsphase

„Beginn Ähren- bzw. Rispenschieben“ der Grashaupbestandbildner erfolgen muss. Um die optimale Erntezeitspanne einzuhalten, ist mit der Mahd spätestens bei 22–23 % Rohfaser i. d. TM zu beginnen. Jede Verspätung beim Mähbeginn ist mit einer Verschlechterung des Futterwertes, einer geringeren Leistung aus der Grassilage sowie einem verzögerten Folgeaufwuchs und damit einem insgesamt reduzierten Jahresertrag von der Fläche und von der Milchkuh verbunden (Abb. 10).

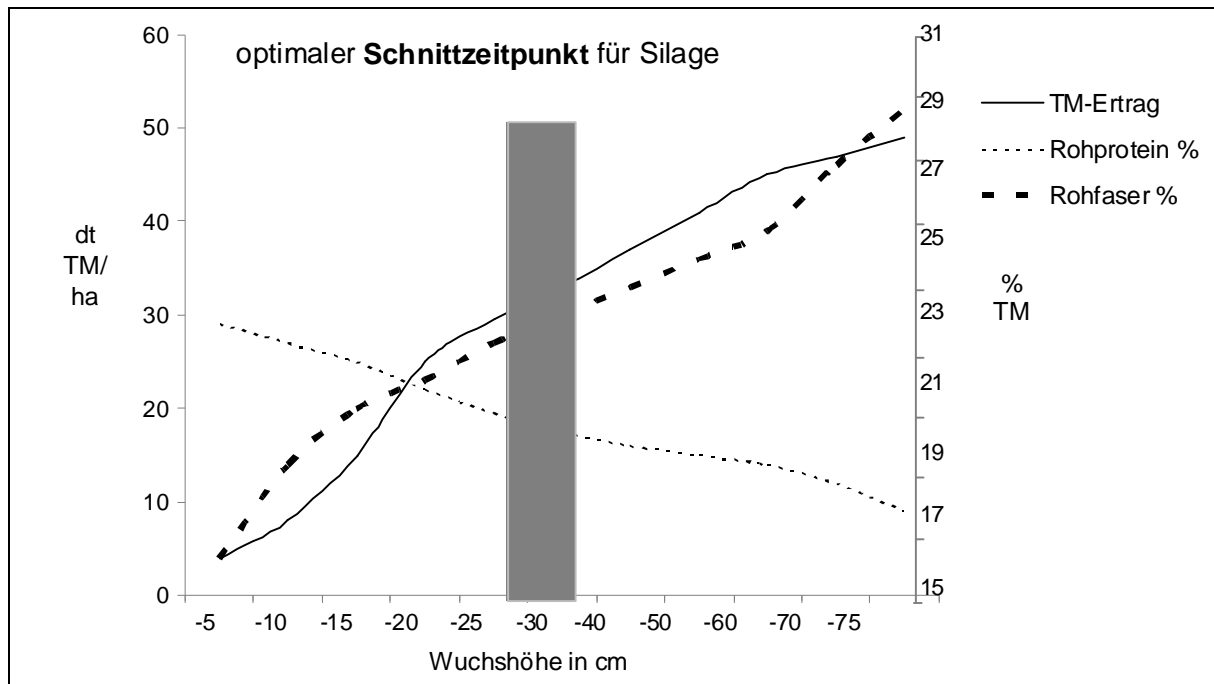


Abb. 10: Beispiel einer Ertrags- und Qualitätsentwicklung; untergrasbetonter Bestand im 1. Aufwuchs

Im Schnittzeitpunkt ‚Beginn Ähren- bzw. Rispenschieben‘ liegt eine hohe Silierfähigkeit bei ausreichenden Zuckergehalten vor. Spätere Erntetermine sind mit deutlichen Abnahmen des Zuckergehaltes, Zunahme der Sperrigkeit durch höhere Rohfasergehalte gekennzeichnet. Leguminosenbasierte Grasbestände weisen eine größere Nutzungselastizität als reine Grasbestände auf, was die Nutzungsspanne vergrößert. Die optimalen Schnittzeitpunkte der Folgeaufwüchse sind deutlich variabler zu terminieren als die des ersten Aufwuchses, da aufgrund des veränderten Blatt-Stängelverhältnisses eine größere Nutzungselastizität besteht. Wie beim ersten Aufwuchs muss der Schnittzeitpunkt sich in der Vegetationsphase „Beginn Ähren- bzw. Rispenschieben“ der bestandsbildenden Gräser bzw. bei leguminosendominanten Beständen an der beginnenden Blüte der Knospen orientieren bzw. alle 46 Wochen erfolgen.

11.3 Anwelken auf 30 bis 40 % TM

Unter 30 % TM kann eine Grassilage Gärsaft abgeben oder Buttersäure kann entstehen. Diese Fehlgärung verursacht hohe TM- und Energieverluste und führt daher zu geringeren Futteraufnahmen und Tierleistungen. Bei über 40 % TM steigt das Risiko der zunehmenden Atmungs- und Bröckelverluste sowie aufgrund abnehmender Verdichtbarkeit die Gefahr von Nacherwärmung an. Allgemeines Ziel muss ein zügiges Anwelken sein. Bei günstigen Witterungsbedingungen kann bereits 5–6 h nach der Mahd bei Breitablage mit dem Schwaden bzw. Ernten begonnen werden.

11.4 Mähen, Zetten, Schwaden

Sowohl der enge Zeitraum des Schnittoptimums, besonders beim ersten Aufwuchs, als auch der Anspruch auf kurze Feldliegezeiten erfordern hohe Flächenleistungen bei der Mahd. Trommel- und Scheibenmähwerke erfüllen diese Forderung. Vor dem **Mähen** sind alle Maßnahmen des Wildschutzes zu ergreifen, die ein Töten von Tieren während des Mähvorganges verhindern können, wie Abgehen der Mähflächen mit Hunden und Einsatz von Wildretter. Dies ist nicht nur aus der Sicht des Naturschutzes, sondern auch hinsichtlich der Entstehung von Botulismustoxinen erforderlich. Das Gras wird bei einer Schnitthöhe von ca. 5 cm (bei Dauergrünland) und 7 cm (bei Ackergras) gemäht. Die Einhaltung dieser Schnitthöhen ermöglicht einerseits eine geringe Verschmutzung oder Verpilzung und andererseits ein zügiges Nachwuchsverhalten des Bestandes, da die Pflanzen noch Restassimilationsfläche aufweisen. Zur Minimierung der Verluste sind alle Möglichkeiten zur Trocknungsbeschleunigung zu nutzen. Dafür bietet sich in erster Linie die **Aufbereitung** des Mähgutes direkt bei der Mahd an, die mit zunehmendem Einsatz von Scheibenmähwerken durch die Zerstörung der Wachsschicht der Gräser mittels Schlegel- oder Zinkenrotoren sowie die Verminderung von Bröckelverlusten bei kraut- bzw. leguminosenreichen Beständen mittels Profilwalzen erreicht wird. Die positiven Effekte der realisierbaren Trocknungsbeschleunigung liegen in der Reduktion der Feldliegezeit je nach Trocknungsbedingungen von bis zu einem halben Tag.

Dennoch sind zur Anwendung von Mähaufbereitern einige einschränkende Punkte zu beachten: Auf das Zetten von aufbereitetem Mähgut kann nur bei geringen Erträgen und/oder gleichzeitig guten Trocknungsbedingungen verzichtet werden. Auf lockeren Narben (Neuansaat, Ackergras) und bei hohem Besatz an Maulwurfshaufen erhöht die Aufbereitung den Eintrag von Sand und Schadkeimen, die durch den austretenden Zuckersaft mit der Pflanze verkleben und nicht mehr im Laufe des Anwelkprozesses reduzierbar sind. Bei sehr guten Anwelkbedingungen und niedrigen Erträgen wird sehr schnell der optimale Trockenmassegehalt von 35–40 % überschritten, was Nachteile hinsichtlich der Verdichtbarkeit und Nacherwärmungsrisiken bringt. Wird die in die Mähtechnik integrierte Aufbereitung bei Beachtung dieser Punkte variabel eingesetzt und wird sie mit der lockeren Breitablage des Mähgutes unter Einsparung des nachfolgenden Zettens kombiniert, so wird die Silagequalität deutlich verbessert.

Um den Prozess des Anwelkens umgehend einzuleiten, ist eine sofortige **Breitverteilung** des Mähschwades parallel zum Mähen erforderlich, um die verlustreiche Zuckerveratmung zu unterbinden. Sowohl der Einsatz eines Zettlers als auch die Verwendung von Leitblechen direkt an den Mähwerken (mit Aufbereitern) dient diesem Ziel. Beim **Zetten** (Auseinanderstreuen von Schwaden) ist mit steilen Streuwinkeln, einer langsamen Fahrgeschwindigkeit von maximal 5 km/h und der mittigen Erfassung der Schwade ohne Überfahren zu arbeiten, weil sonst durch eine zu geringe Verteilgenauigkeit die Gleichmäßigkeit der Arbeitsqualität mit der Bildung von Grasbüscheln leidet. Falls das Zetten für das Erreichen des Trockenmassegehaltes nicht ausreicht, kann beim anschließenden **Wenden** der breitflächig abgelegten Grasmatte eine flachere Streuwinkeleinstellung mit einer etwas höheren Fahrgeschwindigkeit gewählt werden. Der Verzicht auf das Wenden ist nur bei guten Trocknungsbedingungen zu empfehlen, da es bei hohen Aufwuchsmengen zu einem ungleichmäßigen Abtrocknen der Grasmatte und damit zu unterschiedlich angewelkten Graspertien kommt, die zwar bei der Ernte mit dem Feldhäcksler durchmischt werden, aber dennoch den Gärverlauf gefährden können.

Beim **Schwaden** ist auf eine möglichst vollständige, aber schmutzarme Aufnahme des Futters zu achten. Bei gutem Wetter kann rechtzeitiges Schwaden eine zu starke Abtrocknung vermeiden und bei schlechtem Wetter unmittelbares Schwaden vor dem Ernten die Trocknungszeit ausnutzen. Der flexible Umgang mit dem Schwaden erfordert leistungsfähige Geräte, die oft schon in Kombination mit dem nachfolgenden Erntesystem eingesetzt werden. Damit die Bergetechnik besser ausgelastet ist und das Futter im Schwad noch nachtrocknen kann, sollen die Schwade gleichmäßig breit und hoch sowie möglichst locker geformt sein. Beim Einsatz von Ladewagen oder Pressen wird die Breite und Höhe des Schwades durch die Breite und den Freiraum des Schleppers bestimmt, um das Überfahren zu vermeiden. Bei selbstfahrenden Feldhäckseln ist die optimale Schwadbreite durch die Breite der Pick-up vorgegeben. Die höchsten Ansprüche an die Schwadqualität stellen Rund- oder Quaderballenpressen. Damit die Ballen auch in den Randbereichen ausreichend verfestigt werden, sollte die Schwadform möglichst kastenförmig mit leichter Erhöhung an den Kanten sein.

11.5 Ernten

Während der Futterbergung wird das Siliergut möglichst verlust- und schmutzarm aufgenommen, abtransportiert sowie zügig eingelagert und verdichtet. Das geschwadete Gras kann mit dem Feldhäcksler, dem Ladewagen, mit Rund- oder Quaderballen- oder mittels Schlauchpressen geborgen und einsiliert werden (Abb.11).

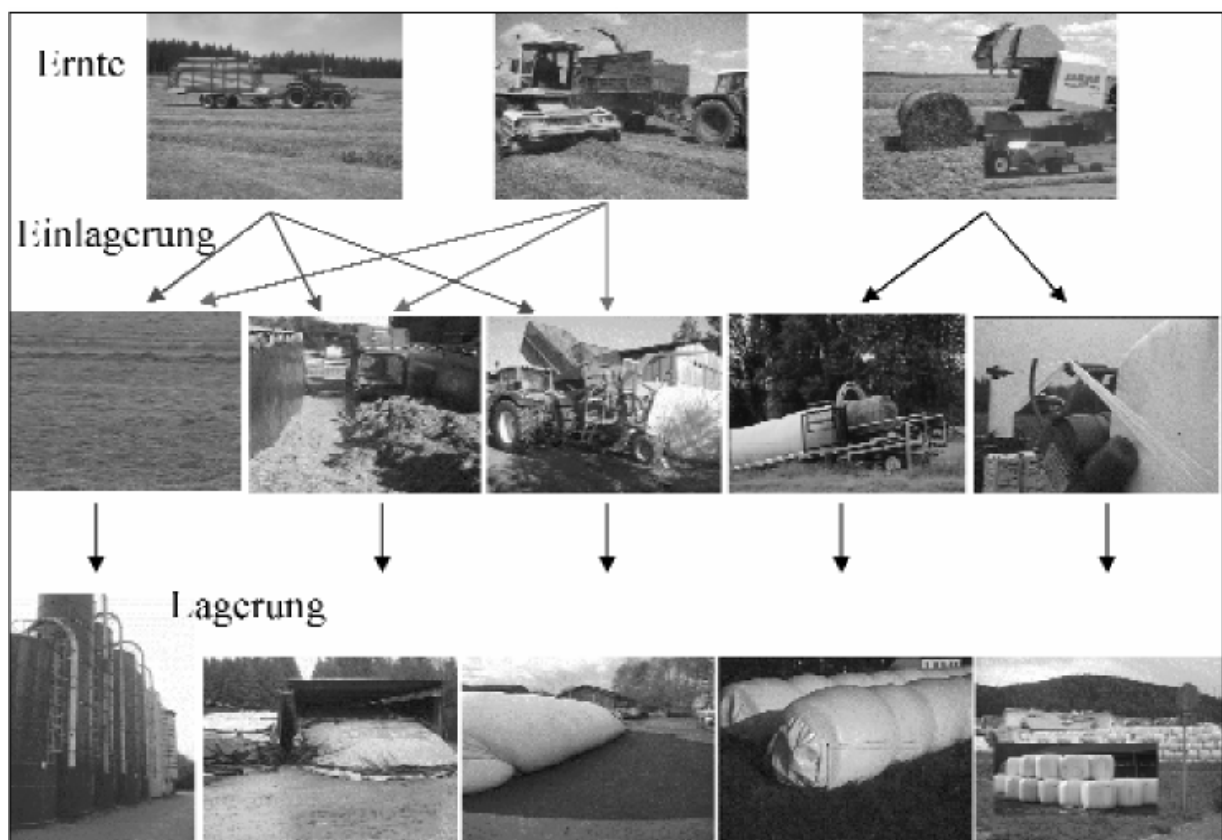


Abb. 11: Verfahren der Grassilagebereitung

Quelle: Nussbaum 2006

Die wesentlichen Vor- und Nachteile der Verfahren sind in Tabelle 13 dargestellt. Vor dem Pressen bzw. Laden der Silage ist dafür zu sorgen, dass keine Kadaver erfasst werden, da

diese die Vermehrung von Clostridium botulinum begünstigen und die Entstehung von Botulismustoxinen verursachen können. Eine ausreichende Säuerung unterdrückt jedoch die Clostridien und verhindert das Entstehen dieser Toxine. Auch aus diesem Grund ist ein zu hohes Anwelken > 50 % TM zu vermeiden.

Tab. 13: Vor- und Nachteile verschied. Ernte- und Konservierungsverfahren nach NUSSBAUM, 2006

Ernte- bzw. Konservierungsverfahren	Vorteile	Nachteile
Exakthäckslerketten	Trennung Ernte-Transport Kurzchnitt (Verdichtung, Gärprozesse) Schlagkraft Gras-/Maissilage/GPS Mischen der Partien	Arbeitskräftebedarf Anforderungen an Management evtl. zu hohe Leistung (Engpass beim Walzen) geringe Schlagkraft bei Kleinstflächen Steillagen (Parallelfahrten)
Kurzschnittladewagenkette	Zwei-Mann-Ernte möglich Kleinfächen Hanglagen Grassilage/Heu/Stroh flexibel	nicht bei Maissilage u. GPS Investitionskosten hoch mit zunehmender Hof-Feld-Entfernung teures Verfahren kaum Mischen der Partien
Rund-/Quaderballensilage	flexibel bei Restflächen (< 10 ha) einfacher Transport selten Erwärmung einfaches Management kein Kapital für Silobau handlebare Einheiten	Gesamtverfahren teuer Platzbedarf (Lager) Folienverletzungen Plastikabfall (Recycling schwierig, Verbrennen verboten) nicht bei Nasssilagen Einsatz im Mischwagen
Strangwicklersilage	weniger Folienverbrauch als beim Rundballensilageverfahren einfaches Verfahren kein Kapital für Silobau	nicht bei Maissilage u. GPS Platzbedarf (Lager) Folienverletzungen Plastikabfall nicht bei Nasssilagen Einsatz im Mischwagen
Folienschlauchsilage	flexibel, nicht ortsgebunden geringe Investitionskosten kleine/große Einheiten möglich (alle Tierbestände) Silage, Biertreber, Schnitzel, Getreide (alle Schüttgüter) gute Verdichtung Hand/Maschinenentnahme	schwierig bei Feuchtsilage Erntemanagement (Anlieferung) Plastikabfall Folienverletzung Plastikabfall

Aus der Sicht des Gärverlaufes und des Erhaltes des Futterwertes ist die **Häckseltechnik** das Ernteverfahren, das die höchste Sicherheit in der Silagequalität ermöglicht. Die Entwicklung des **Kurzschnittladewagens** mit Rotorförderung und Dosierwalzen reduziert die früher bestehenden Unterschiede jedoch insbesondere bei jungem, gut verdichtbarem Material deutlich. Aber je rohfaserreicher, trockener und sperriger das Siliergut wird, umso eher kann der Feldhäcksler mit seinem gleichmäßigen Schnitt das Siliergut verarbeiten. Beim Häckseln wird das Siliergut in den Vorpresswalzen vorverdichtet und in der Trommel an der Gegenschneide geschnitten. Neuere Häcksler können die Häcksellänge verstellen, die sich nach dem Ausgangsmaterial und der Futterentnahme- und -vorlagetechnik zu

richten hat. Beim Kurzschnittladewagen ermöglicht die Messeranzahl die Variation der Schnittlänge. Der „Strukturwert“ des Grases ist an eine Mindestlänge der Graspflanzenteile gebunden, die unabhängig von dem Stadium der physiologischen Abreife gegeben ist. Zur Erhaltung der Strukturwirksamkeit des Grases ist eine Mindestlänge daher nicht zu unterschreiten, die allgemein bei **2 cm Schnittlänge** liegt (Tab. 14).

Da die Grashalme je nach Schwadqualität nicht immer ideal quer zu den Schneidorganen gelangen, ist eine 100%ige Gleichmäßigkeit der Schnittlänge nicht zu erreichen. Insbesondere beim Kurzschnittladewagen mit einer Messeranzahl von <40 Stück entstehen bauartbedingt höhere Anteile von Überlängen bei ansonsten gleicher Einstellung des Gerätes. Bei den Pressenverfahren kommt es nur durch das Vorhandensein einer Vorzerkleinerung zu einer Verkürzung der Schnittlänge. Um die Qualität und die Struktur der Grassilage bei dem Einsatz von Futtermischwagen mit Schneideinrichtung optimal zu erhalten, ist eine etwas längere Schnittlänge oder der Messerausbau anzuraten, soll der Anteil „gemuster“ Partikel vermieden werden. Bei den anderen Vorlagetechniken müssen die angegebenen Schnitt- bzw. Häcksellängen zur Erfüllung der oben angesprochenen Forderungen eingehalten werden.

Tab. 14: Optimale Häcksel- bzw. Schnittlänge (in cm) der Grassilage für eine hohe Verdichtbarkeit, gute aerobe Stabilität und wiederkäuergerechte Struktur der Silage bei verschiedenen Verwertungsrichtungen, Vorlagetechniken und Trockenmasse- und Rohfaserbereichen

Einsatz in ...	Milchviehhaltung/Bullenmast					
	Futtermischwagen ¹⁾			Andere Vorlagetechnik ²⁾		
Futternvorlage	Niedrig	Hoch	Optimal	Niedrig	Hoch	Optimal
TM Bereich ³⁾						
Rohfaserbereiche						
22–25 % TM	8	6	6	6	4	2–3
25–28 % TM	6–8	4–6	6	6	3–4	2–3
>28% TM	6	4–6	6	6	3–4	2–3

1) Futtermischwagen mit Schneideinrichtung

2) Futternverteilmwagen, Blockscheider, Zange

3) TM-Bereich: niedrig: <28 % TM; optimal: 30–40 % TM; hoch: > 40 % TM

Beim **Ballensiliverfahren** kommen Quader- ballen- bzw. Rundballenpressen mit unterschiedlichen Ballengrößen zum Einsatz. Schneidwerke an den Pressen erhöhen die Verdichtbarkeit des Siliergutes und sind daher zu empfehlen. Quaderballenpressen verdichten höher als Rundballenpressen und sind deshalb für Qualitätssilage vorzuziehen. Für die Bereitung von Anwelksilage mit einem Trockenmassegehalt von 35–45 % ist eine Dichte von 220 kg TM/m³ gewünscht. Messungen von UPPENKAMP (1995) haben gezeigt, dass sowohl bei Rundballen- als auch bei Quaderballenpressen die zu erreichenden Trockenmassedichten vom Anwelkgrad des Siliergutes beeinflusst werden. Mit Rundballenpressen können bei der Silagebereitung Dichten von durchschnittlich 150–170 kg TM pro m³ erreicht werden, allerdings nur bei einem Trockenmassegehalt des Siliergutes von etwa 50 %. Leicht höher sollte der Trockenmassegehalt für die Verdichtung in Quaderballenpressen sein, wenn die geforderten 220 kg TM pro m³ angestrebt werden. Werden diese Werte aber überschritten, sinkt die Trockenmassedichte und das Risiko für Mängel in der Silagequalität steigt. Indem Bereich zwischen 60 und 85 % TM (das den Mikroorganismen frei verfügbare Wasser geht drastisch zurück) ist aufgrund einer stark abnehmenden Gärintensität die Säurebildung nur noch gering; derartige Konservate von

Gras werden auch als Heulage bezeichnet. Die geringe Gärintensität führt insbesondere beim höheren Ausgangskeimbesatz mit Schimmelpilzen und Hefen eventuell schon vor dem Öffnen zu einer Verschimmelung (oft nesterweise im Ballen verteilt) bzw. nach dem Öffnen der Ballen zu einer mangelhaften aeroben Stabilität der Silage. Bei der Ballensilage erhöht sich zudem die Anzahl der Ballen je Hektar, was die Kosten des Verfahrens ansteigen lässt. Bei leicht geringerem Anwelkgrad besteht zwar in den einzeln eingestreckten Ballen noch keine Gefahr von Gärtaftverlusten, es geht aber infolge der geringeren Trockenmasseverdichtung die Formstabilität der Ballen verloren, was für die Lagerung sehr nachteilig sein kann.

Großballen weisen eine größere Oberfläche als Rundballen auf. Entsprechend stärker disponiert sind die Einzelballen für alle unerwünschten Gärgasaustauschvorgänge. Mit Reduktion der Ballengröße steigen - bezogen auf eine bestimmte Silagemasse - die Oberfläche, der Folienbedarf und auch das Risiko für diese unerwünschten Austauschvorgänge exponentiell an.

Ballen werden mit einer Stretchfolie mit 6-8 Lagen unmittelbar nach dem Pressen eingewickelt. Gewickelte Ballen sind entweder direkt am Lagerplatz zu wickeln oder mit einer Spezialzange schonend zum Lagerplatz zu transportieren. Die Lagerung der Rundballen wird grundsätzlich stirnseitig vorgenommen. Die Unterlage der Ballen sollte gegen Nagetiere unzugänglich, die Ballen bei Freilandlagerung mit einer Abdeckplane gegen Insekten/Vogelanflug und Wassereinfluss geschützt werden. Die laufende Ballenkontrolle auf Beschädigung ist erforderlich, da Löcher in der Folienhaut immer Schimmelbildung zur Folge haben. Folienlöcher sind mit Spezialklebeband zu verschließen.

11.6 Siliermittel bei der Grassilierung

Die Entfaltung der gewünschten Effekte der Siliermittel oder -zusätze setzt den Einsatz des richtigen Zusatzes in der jeweiligen futterbaulichen Situation voraus. Da es nicht ein Siliermittel für alle möglichen praktischen Bedingungen und gewünschten Wirkungsbereiche gibt, ist die Kenntnis der Anwendungsbereiche (schwer-, mittelschwer-, leicht silierbar) bzw. die richtige Einschätzung des Ausgangsmaterials dringend erforderlich. Ein Schema in der Abbildung 12 soll dem Praktiker, dem zum Zeitpunkt der Silierung nur wenige Informationen über das Erntegut vorliegen, die Entscheidungsfindung zur Siliermittelauswahl erleichtern.

Silierfähigkeit des Pflanzenbestandes		Anwendungsbereiche der Siliermittel Wirkungsrichtung (WR) 1								
sehr gut	Silomais (30 - 35 % TM) LKS (50 % TM) CCM (55 - 60 % TM) Feuchtmalsschrot (60 - 70 % TM)	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Silomais</td> </tr> <tr> <td>WR 1b</td> <td>WR 1c (WR 2)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Grünfütter</td> </tr> </table>			Silomais		WR 1b	WR 1c (WR 2)	Grünfütter	
	Silomais									
WR 1b	WR 1c (WR 2)									
Grünfütter										
gut	GPS, teigreif Futterroggen Spätschnitt-Grasbestände Zwischenfrüchte	Hochwertige Gras- und Leguminosen-Bestände: Anteil Weidelgras Leguminosen	WR 1a WR 1a WR 1a	WR 1b WR 1b WR 1a oder WR 1b WR 1a oder WR 1b WR 1a	WR 1c (WR 2) WR 1c (WR 2) WR 1c (WR 2)					
			TM(%): 20 25 28 30 35 40 45							

Abb. 12: Einsatzbereiche für DLG-geprüfte Siliermittel zur Verbesserung des Gärungsverlaufs (Silagen für Wiederkäuer)

Auswahl nach Pflanzensammensetzung und TM-Gehalt

Die Entscheidungen für den Siliermitteleinsatz richten sich nach dem vorliegenden TM-Gehalt, der Pflanzensammensetzung zur Silierung und der gewünschten Wirkungsrichtung. Bei ausreichend Gärsubstratangebot (weidelgrasreicher Bestand, optimales Wuchsstadium, kurze Feldliegezeit) und einem Anwelkgrad von 30 bis 40 % ist ein Silierzusatz nur als Versicherung gegen einen suboptimalen epiphytischen Besatz – wie oft in ersten Aufwüchsen – immer dann zu empfehlen, wenn ein ausreichender Vorschub > 2m/Woche und die Wirkungsrichtung 4 (Verbesserung der Futteraufnahme, Verdaulichkeit oder Milch- und Mastleistung) angestrebt werden. Als Siliermittel kommen in erster Linie MSB_{ho} in Frage. Derart hochwertige Silagen hinsichtlich des Energiegehaltes und der Gärqualität müssen sowohl für die Winter- als auch für die Sommerfütterung gegen das Risiko einer aeroben Instabilität (Nacherwärmung) geschützt werden. Am besten geschieht das dadurch, dass bereits bei der Siloanlage die Breite und Höhe so gewählt werden, dass in Abhängigkeit von der täglichen zu versorgenden Viehanzahl ein Mindestverbrauch pro Woche von 2 m gewährleistet ist. Bei allen Siloanlagen, bei denen diese Basisforderungen nicht erfüllt werden können oder der TM-Gehalt über 45 % liegt, muss mit einem geeigneten Zusatz die Nacherwärmung verhindert werden. Hierfür kommen sowohl chemische, heterofermentative MSB als auch Kombinationsprodukte in Frage.

Liegt der Vorschub unterhalb der Forderung oder sollen in weniger gut verdichteten Randpartien im Silo die möglichen Nachteile der MSB_{ho} ausgeglichen werden, so sollten MSB_{ho+he} oder MSB_{he} in den betreffenden Silagepartien eingesetzt werden. Bei TM-Gehalten über 40 % ist auf osmotolerante DLG-geprüfte MSB (Anwendungsbereich C) zurückzugreifen. Ab 50 % TM ist der Wirkungsbereich von MSB bei der Grassilierung meist überschritten. Im trockeneren Anwelkbereich > 50 % sind zwar chemische Zusätze auf Basis der Propionsäure denkbar, aber kostengünstiger ist es, das ‚Prinzip der luftdichten Lagerung der CO₂-Atmosphäre‘ in Form der Ballensilage zu nutzen. Kann witterungsbedingt der Mindestanwelkgrad von 30 % nicht erreicht werden, aber liegen ansonsten Mähzeitpunkte im optimalen Wuchsstadium vor, so entscheidet der Grad an Verschmutzung über die Art des Zusatzes: Im Falle einer höheren Verschmutzung (Rohaschegehalte > 10 % TM) liegen

schwer silierbare Bedingungen vor, die den Einsatz von chemischen Zusätzen der Wirkungsrichtung 1 a erfordern. Für die Erzeugung einer käseereitauglichen Rohmilch ist eine sichere Unterdrückung der Buttersäurebakterien (Clostridien) erforderlich, deren Wirkungsnachweis die Produkte in der Kategorie 5 a aufweisen. Im TM-Bereich 25-35 % kann ein drohender Zuckermangel durch den Zusatz von Melasse in Höhe von 25–35 kg/Tonne Siliergut in Kombination mit MSB_{ho} ausgeglichen werden, wenn eine geeignete Dosiertechnik mit entsprechender Logistik vorhanden ist.

Einsatzempfehlungen bei der Klee gras- oder Luzernesilierung

Bei Leguminosenanteilen von mehr als 60 % gilt die Leguminosen-(gras-)silage als mittelschwer silierbar und muss mit einem für dieses Wirkungsfeld geeigneten Siliermittel behandelt werden, um die durch die mögliche Buttersäuregärung verursachten Verluste zu vermeiden. Bei TM-Gehalten < 30 % sind vorzugsweise MSB_{ho} plus 25–40 kg/Tonne Melasse einzusetzen; bei TM-Gehalten ab 40 % kann die Melasse entfallen. Alternativ können chemische Zusätze oder eine Kombination von MSB_{ho} mit abgepufferter Säure bei Beachtung der Sicherheitsvorschriften verwendet werden. Als Siliermitteleffekte sind die Reduktion der Hälfte der Gärverluste und eine Sicherung der Gärqualität mit über 80 DLG-Punkten zu erwarten.

12. Ganzpflanzensilage aus Getreide oder Leguminosen

Körnerfrüchte können als Ganzpflanzensilage entweder aus Getreide oder Leguminosen siliert werden.

Getreideganzpflanzensilage (GPS) kann aus allen Getreidearten gewonnen werden. 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 Kornträgen 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, gute Leistungen zu erbringen.

Der Einsatz von GPSen 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.

Eignung der Getreidearten

Generell ist die Ganzpflanzensilierung aller Getreidepflanzen möglich. Gerste, Triticale und Weizen eignen sich aufgrund des engen Korn:Stroh-Verhältnisses besser als Roggen, welcher 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, das heißt noch bis Mitte der Teigreife, genutzt werden. Es ist aber zu berücksichtigen, dass bei der Ernte häufig hohe Kornverluste auftreten, 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 müssen insbesondere der Kornertrag, das Korn:Stroh-Verhältnis und, zur arbeitswirtschaftlichen Einordnung, der Reifezeitraum berücksichtigt werden.

Bis in die Blüte verändert sich der Futterwert von Getreidepflanzen ähnlich wie bei Gräsern und Leguminosen. Durch das einsetzende Streckungswachstum der Pflanzen erfolgt eine verstärkte Synthese und Einlagerung von Zellulose bzw. Hemizellulose in die Zellwände des Stängels. Der Rohfasergehalt steigt bis zur Blüte von 18 % auf 34 % je kg TM. In diesem Bereich spricht man von „Grüngetreide“, welches als Grünfutter oder als Silage verabreicht werden kann. Hier besitzen der Grünroggen und der Grünhafer als Winterzwischenfrucht bzw. Stoppelsaat eine gewisse Bedeutung, insbesondere als Gärsubstrat (NaWaRo) für Biogasanlagen.

Die Abnahme der Verdaulichkeit mit zunehmender Reife wird danach bei diesen Futterpflanzen durch die Ausbildung energiereicher, hoch verdaulicher Samen ausgeglichen. Mit zunehmender Vegetation sinkt der Strohanteil. Bei der Gerste beträgt er zum Zeitpunkt der Blüte ca. 80 % und zur Drusch- oder Gelbreife nur noch 35 %. Die zunehmende Einlagerung des Speicherkohlenhydrates Stärke führt somit zu einer Verringerung des Rohfasergehaltes mit fortschreitender Reife. Die zunehmend sinkende Verdaulichkeit des Getreidestrohs muss jedoch durch die Quantität an hoch verdaulichen Samen ausgeglichen werden. 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 ist somit die entscheidende Steuerungsgröße der Energiedichte der Getreideganzpflanzensilage. Um einen Futterwert zwischen 6 und 7 MJ NEL je kg TM zu realisieren, ist ein Kornanteil von über 50 % notwendig (Abb. 13).

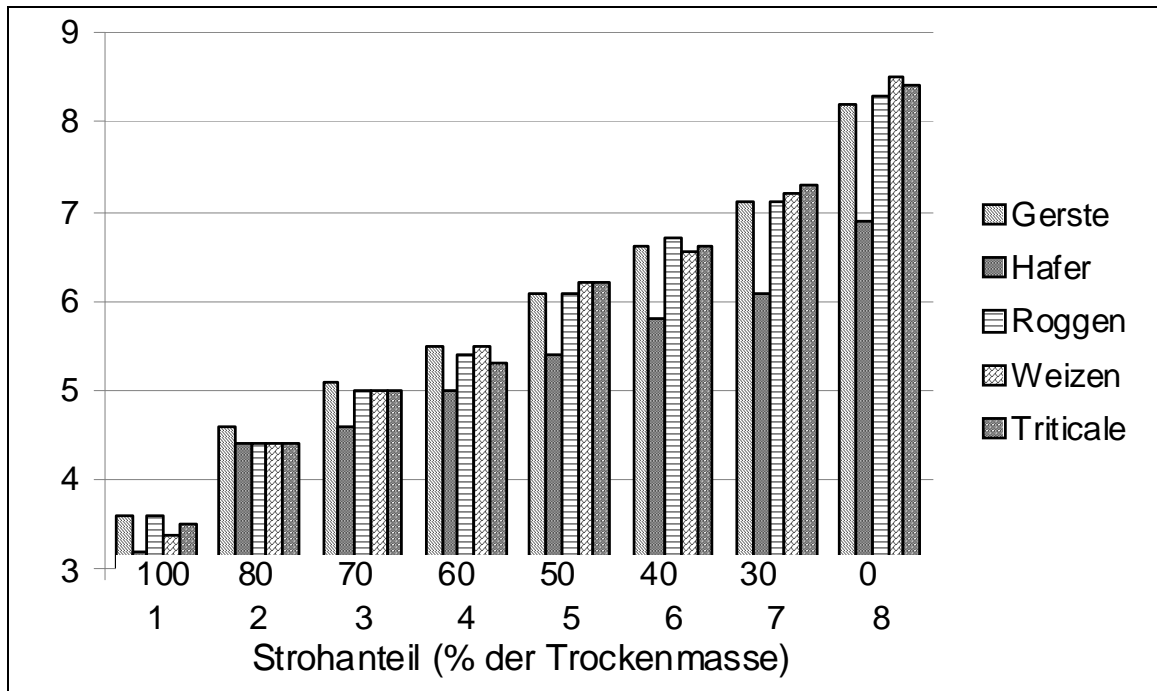


Abb. 13: Energetischer Futterwert von Getreideganzpflanzen mit unterschiedlichem Strohanteil

Erntezeitpunkt

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. Nennenswerte Stärkeeinlagerungen in die Körner der Getreidepflanzen werden erst mit Beginn der Milchreife registriert. Ab der Milchreife nimmt der Trockenmassegehalt der Ähre um 0,5–1 % täglich zu. Beim Übergang von der Milch- in die Teigreife hat die Ähre der Gerste einen Trockenmassegehalt von 45–50 % und die von Weizen 35–45 %. Dies ist der Zeitpunkt, an welchem die Pflanze geerntet werden sollte, wenn die Getreidekörner bei der Ernte nicht angeschlagen bzw. zerrieben werden können. Das Stroh beginnt sich gelb zu verfärben, die Halmknoten, Grannen und die oberen zwei Drittel der Blätter müssen noch grün sein. Der Korninhalt soll bei der „Nagelprobe“ noch leicht spritzen. Die Gesamtpflanze hat zu dieser Zeit einen Trockenmassegehalt von 32–40 %. Bis zum optimalen Zeitpunkt brauchen Wintergetreidebestände ca. 65–85 und Sommergetreidepflanzen ca. 85–115 Wuchstage.

Ab der Milchreife nimmt der Trockenmassegehalt der Ähre um 0,5 (nass-kühle Witterung) –1 % (sonnig-warme Witterung) und der der Gesamtpflanze um 0,3–0,4 % täglich zu. Der Stärkegehalt steigt täglich um 1,5–2 g und der Rohfasergehalt nimmt täglich um 0,3–1,2 g je kg TM ab. Der Stärkegehalt soll bei normaler Schnitthöhe über 15 % und der Rohfasergehalt nicht mehr als 24 % betragen. Die Gesamtpflanze hat zu dieser Zeit, bei einem Korn:Stroh-Verhältnis von 1:1, einen Trockenmassegehalt von 32–38 %. Bei Ganzpflanzensilagen aus Gerste, Triticale, Weizen und Roggen kann im Mittel mit 3, 8 bzw. 15 % geringeren Energiedichten durch die Ausscheidung unzerkleinerter Körner gerechnet werden, wenn die Milch-, Teig- bzw. Gelbreife der Körner erreicht wird. Bei Überschreitung des Optimums sind Exakthäcksler (Vielmessertrommeln) mit Reibeboden bzw. Quetschwalzen oder Korn-Crackern notwendig. Die Häcksellänge sollte in diesem Fall 3–4 cm nicht überschreiten.

Schnitthöhe

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 Abbildung 14 dargestellt, muss dabei der erwartete Kornertrag berücksichtigt werden. Um beispielsweise 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.

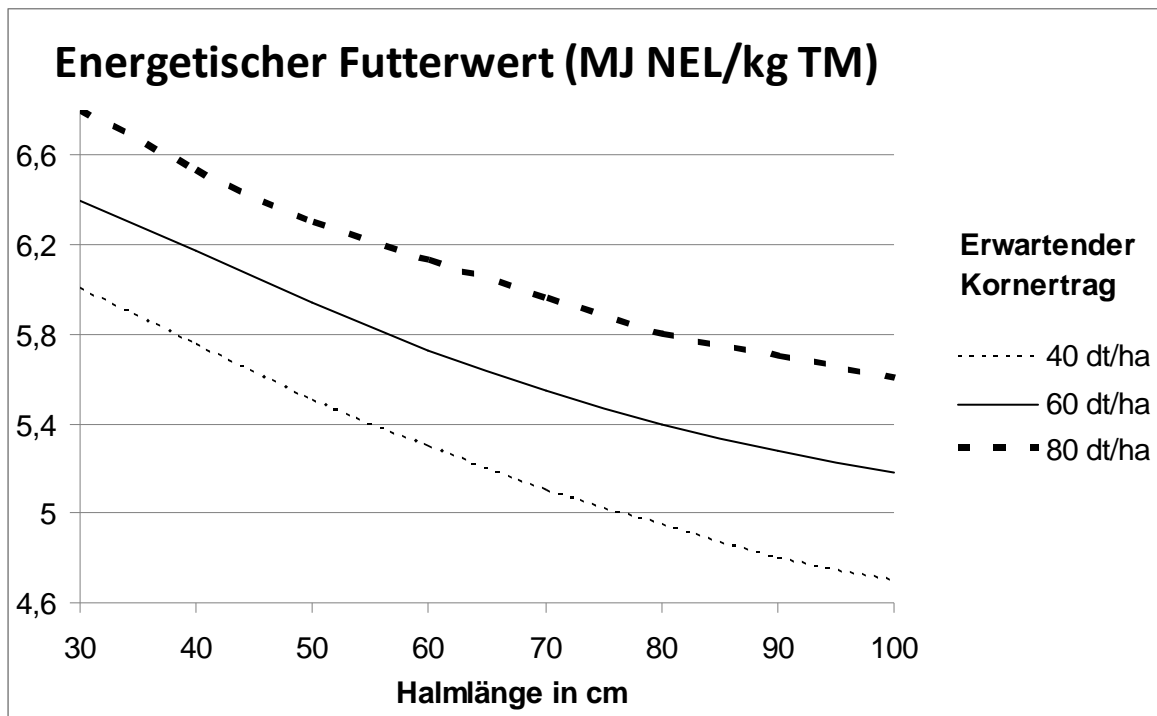


Abb. 14: Energetischer Futterwert von Getreideganzpflanzen mit unterschiedlicher Halmlänge

Silierung und Siliermitteleinsatz

Getreideganzpflanzen lassen sich besser silieren als Grüngetreide, da sie einen höheren 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 Trockenmassegehalten über 35 % ist neben der exakten Zerkleinerung, mindestens auf eine theoretische Häcksellänge von 6–8 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 sind die stabile und elastische Röhrenstruktur der Getreidehalme mit Luftpfeifen zu sehen, welche ein starkes Auffedern beim Festfahren (Strohmatteeffekt) ergeben können. Nach der Verdichtung sollen mindestens 200–240 kg TM je m³ Silo gelagert sein.

Da Getreideganzpflanzen in der Teigreife einen niedrigen Nitratgehalt aufweisen, besteht die Gefahr der Buttersäurebildung durch Clostridien, die man durch den Einsatz nitrat- bzw. nitrithaltiger oder durch Milchsäurebakterien-Siliermittel verhindern kann. 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, da sie neben Nitrat auch ausreichend Zucker für einen optimalen Silierverlauf liefern und die Verdichtung des trockenmasseärmeren Siliergutes verbessern.

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 von dem Anteil an Hülsen bzw. Körnern und dem Reifestadium bei der Ernte ab. Hohe Erträge und eine gute Silierfähigkeit wird im Stadium der ‚Teigreife‘ erreicht. Danach sinken die Energiedichten aufgrund einer abnehmenden Verdaulichkeit ab. Die Ernte erfolgt entweder aus dem Stand mit einem Spezialvorsatz am Feldhäcksler mit Häcksellängen von 10–15 mm oder nach Schwadlegung und Anwelken auf ca. 35 % TM im Schwad. Danach kann das Material sowohl über Exakthäckselung als auch über Ladewagen oder Ballenpresse geborgen und siliert werden. Die Empfehlungen zum Silierzusatzeinsatz entsprechen denjenigen zur Getreide-GPS.

13. Maissilierung

Silomais wird überwiegend zu Maissilage mit oder ohne Hochschnitt mit dem Exaktfeldhäcksler geerntet und in der Rinderfütterung eingesetzt bzw. als Koferment bei der Biogasfermentation eingespeist. Weiterhin wird aus Silomais Lieschkolbenschrotsilage (LKS) bereitet und aus Körnermais Feuchtm Mais oder CCM siliert. (Tab. 15).

13.1 Maissilage

Maissilage stellt mit seinen hohen Energiegehalten ein auch aus arbeitswirtschaftlicher Sicht hervorragendes Grobfutter und auch Koferment dar. Unter normalen Erntebedingungen ist Mais unproblematisch silierbar und die Silage weist bereits nach kurzer Zeit einen niedrigen pH-Wert auf. Lediglich bei der Entnahme können Probleme durch Nacherwärmung oder Schimmelbildung auftreten und zu hohen Verlusten bis zum Totalverlust der Silage führen.

13.1.1 Sortenwahl

Bei der Sortenwahl sind standortangepasste Sortentypen einer Reifegruppe zu wählen, die sicher reif werden (58–60 % TM im Korn, 32–35 % TM Gesamtpflanze, > 25 % TM Restpflanze) und eine hohe Energiekonzentration bei einem hohen Ertrag aufweisen. Anhaltspunkte zur richtigen Sortenwahl bieten die Ergebnisse der Landessortenversuche.

13.1.2 Erntezeitfenster

Der Erntezeitpunkt von Silomais beeinflusst neben dem Gesamtertrag vor allem die Energiekonzentration und Verdaulichkeit im Futter. Weiterhin wird der Futterwert dabei vom Reifegrad des Kolbens und dem Kolbenanteil in der Silage bestimmt. Die Siloreife ist erreicht, wenn keine weitere Zunahme des Futterwertes mehr stattfindet. Dabei ist das unterschiedliche Abreifeverhalten von Kolben und Restpflanze zu beachten. Mit der physiologischen Reife nimmt die Verdaulichkeit in der Restpflanze aufgrund der

Gerüstsubstanzen ab, während die Körner durch die Um- und Einlagerung von Assimilaten in der Energiekonzentration sowie Verdaulichkeit zulegen.

Tab. 15: Verfahren der Maissilierung

Silomaisprodukt	TM-Gehaltsspanne %	Erntetechnik	Energiegehalt MJ NEL/kg TM
Maissilage niedrige Stoppellänge	32–35	Exakthäcksler	6,3–6,6
Maissilage Hochschnitt	33–36	Exakthäcksler	6,5–6,8
LKS Lieschkolbenschrot	55–65	Exakthäcksler mit Pflückvorsatz	6,7–6,9
Feuchtmals CCM mit geringem Spindelanteil	75–85	Mähdrescher mit Pflückvorsatz, Körnermühle	6,9–7,2

Die Vorteile der dünn darmverfügbaren Stärke aus Maiskörnern wird in der Fütterung nur dann realisiert, wenn die Körner überwiegend voll ausgereift und die Stärkeeinlagerung abgeschlossen ist. Zu diesem Zeitpunkt weisen die Körner einen Trockenmassegehalt von 55–60 % auf. Je nach Zustand der Restpflanze (grün bzw. strohartig) hat der Silomais dann einen Trockenmassegehalt von 32–35 % in der Gesamtpflanze und mindestens 30, besser über 35 % Stärke in der Trockenmasse. Früher zu ernten bedeutet neben Verzicht auf höchsten Futterwert auch Gärstoffbildung (TM unter 30 %). Spätere Ernte bringt weder Ertrags- noch Qualitätszuwachs und stellt aufgrund reduzierter Verdichtbarkeit mit nachfolgend zunehmendem Risiko der Schimmelbildung und Nacherwärmung eine Verschlechterung dar. Außerdem steigen die Anforderungen an die Erntetechnik (Kornaufbereitung, Häcksellänge, Walzarbeit) an. Ab 30 % TM ist der Einsatz von Kornprozessoren („corncracker“) heute generell zu empfehlen, um die Verluste durch unverdaute Maiskörner im Rinderkot niedrig zu halten.

Der optimale Erntetermin orientiert sich also am Reifezustand des Kolbens bzw. der Körner. Dazu werden mehrere Maiskolben in der Mitte auseinander gebrochen. Die Körner sind dann optimal reif, wenn sich die Kornschale mit dem Fingernagel gerade noch ritzen lässt und der Korninhalt fest, aber noch nicht spröde ist. Der Kornansatz ist dunkel verfärbt („black layer“). Die Restpflanze sieht dabei je nach Sortentyp völlig unterschiedlich aus. Wenn sie noch grün und vital ist („stay green“), hat die Pflanze beispielsweise einen guten Schutz gegen Pilzbefall. Darüber hinaus bleibt bei verzögerter Restpflanzenabreife das Erntegut über einen längeren Zeitraum in einem für die Silierung günstigen Trockenmassebereich von 32–35 %. Dagegen ist bei Sorten mit schnell abreifender Restpflanze eine zügige Ernte zwingend erforderlich.

In Abbildung 15 sind die möglichen Spannen der zu nutzenden Erntezeiträume für verschiedene Maisprodukte in Abhängigkeit vom Abreifegrad der Gesamtpflanze und der Körner dargestellt. Demnach sollte bei Silomais der Gesamt-Trockenmassegehalt von <30 % nicht unterschritten werden, weil sonst Gärstoff fließt, der wegen seines hohen Anteils an wasserlöslichen Kohlenhydraten einen entsprechenden Energieverlust bewirkt. Auf der anderen Seite sollte der Gesamtpflanzen-Trockenmassegehalt von 37 % die obere Grenze

darstellen, weil die Verdichtbarkeit des Silomaises oberhalb dessen rapide abnimmt. Außerdem sinkt ab diesem Bereich die Gesamtverdaulichkeit der Maispflanze bei Körner-Trockenmassegehalten > 62 % ab, was den Energiegehalt vermindert. Die optimalen Erntezeitfenster für LKS (Lieschkolbenschrot = Restpflanze ab Kolben, Kolben und Spindel), (Feuchtm Mais = nur Körner) und CCM (Kolben und Körner) sind ebenfalls angegeben.

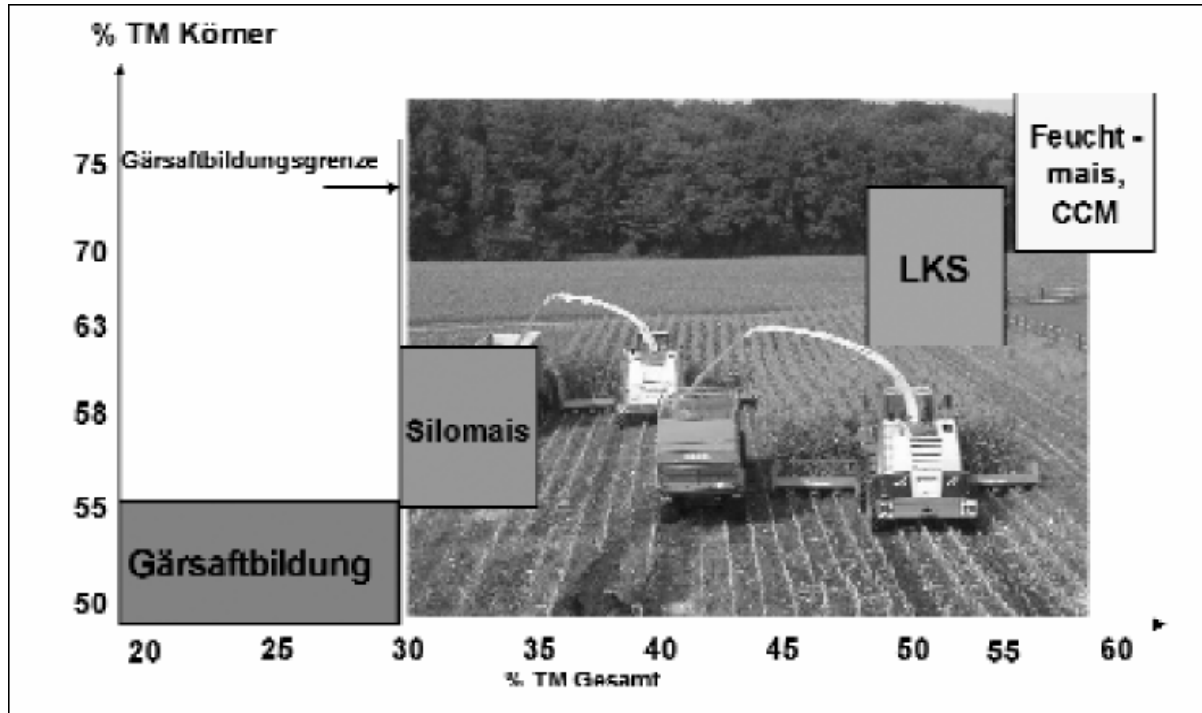


Abb. 15: Optimale Erntezeitspanne bei Maisprodukten

Für die Festlegung des Erntetermins bedeutet das, dass ein nur relativ kleiner Korridor des optimalen Abreifefensters des Silomaises von 30–37 % TM-Gehalt zur Verfügung steht. Es kann daher einzelbetrieblich sinnvoll sein, entweder verschieden abreifende Sorten anzubauen, oder zeitlich gestaffelt gemäß den evtl. unterschiedlichen Abreifefenstern der verschiedenen Bodentypen zu ernten. Das DMK (www.maiskomitee.de/maisprog) führt flächendeckend Reifeprognosen zur Findung des Erntefensters der Sortentypen und Verwendungszwecke durch, die es zu nutzen gilt. Wird die Abreife des Silomaises durch Hagel oder Trockenheit gestört, sollte mit der Ernte nicht zu lange gewartet werden. Abgestorbene, pergamentartige Bestände müssen sofort siliert werden. Pflanzenschädigungen durch Hagel führen zu schlechterer Silierbarkeit und ebenfalls zu mehr Erwärmungsproblemen. Pflanzenverletzungen nach erfolgtem Kolbenansatz provozieren einen verstärkten Befall mit Beulenbrand.

13.1.3 Stoppelhöhe

Mit längerer Stoppel und damit zunehmendem Kolbenanteil in der Maissilage lassen sich die Energiekonzentration und Verdaulichkeit positiv beeinflussen. Überschlägig nimmt mit jeweils 10 cm längerer Stoppel der Trockenmassegehalt um rund 1 %, die Energiekonzentration um etwa 0,1 MJ NEL/kg TM zu, wobei natürlich die unteren Stoppelteile stärker zu diesem Effekt beitragen. Gleichzeitig nehmen der Ertrag um rund 5 % und der Strukturwert um 0,15 ab, was aber für die Fütterung, bei der es auf die Konzentration der Inhaltsstoffe ankommt, weniger relevant ist. Ähnliche Effekte sind durch

Pflück-Häckselverfahren möglich. Dabei ist zu beachten, dass zunehmende Energie- und Trockenmassegehalte auch höheres Erwärmungsrisiko bedeuten und somit die Anforderungen an Verdichtung und Entnahmevorschub ebenfalls steigen.

13.1.4 Häcksellänge und -qualität, Körneraufbereitung, Überlängen

Die richtige Wahl der Häcksellänge in der Rinderfütterung muss sowohl aus der Sicht der Futteraufnahme, Wiederkaugerechtigkeit (Strukturwirkung), Maissilageanteil in der Ration, Verdichtbarkeit, möglicher Gärstoffbildung und der Stapelhöhe der Siloanlage gesehen werden. Bei üblichen Rationsanteilen von maximal 70 % gilt für Silomais bei entsprechender Abreife und Silohöhen bis maximal 6 m eine theoretische Häcksellänge von 6–8 mm. Diese kann bei höheren Maisanteilen in der Ration bis auf 20 mm erweitert werden, um eine bessere Strukturversorgung der Hochleistungskuh zu garantieren. Untersuchungen belegen, dass intensive zerkleinerte Silagen bei sonst gleichen Fermentationsbedingungen höhere Biogasausbeuten bringen. Daher ist bei der Festlegung der Häcksellänge ein Kompromiss zu schließen zwischen dieser Anforderung, der Verdichtbarkeit des Materials in Abhängigkeit von der Siloform, dem Anlagentyp und dem Dieselverbrauch. Die Körneraufbereitung (Körner müssen von Crackern und Reibeböden zerschlagen sein!) muss dabei umso intensiver sein, je weiter die Körner abgereift sind. Gleiches gilt auch für die Häcksellänge: Je höher der Gesamt-TM-Gehalt des Silomaisbestandes bei der Ernte ist, umso wichtiger ist die Einhaltung der oben genannten Empfehlungen, da mit der Abreife auch eine Zunahme des Fasergehaltes einhergeht. Damit ist ein weiterer Faktor für eine geringere Verdichtbarkeit (Rückfederung beim Walzen) und eine geringe Gasausbeute zu verzeichnen. Für die Biogaserzeugung liegt daher die optimale Häcksellänge bei 4–6 mm.

Überlängen z. B. durch lange Lieschblätter können bei höheren Abreifegraden in Kombination mit der Auslastung des Häckslers auftreten. Übersteigt ihr Anteil 5 % in der Silage, so können in Abhängigkeit von der Pump- und Rührtechnik Probleme in diesem Bereich entstehen. Weiterhin kann es die Ursache für eine erhöhte Gefahr der Schwimmdeckenbildung sein. Die in der Tabelle 16 dargestellten Empfehlungen sind unter Berücksichtigung der Anforderungen der Futterkonservierung zusammengefasst.

Tab.16: Optimale TM-Gehalte und Häcksellänge bei Silomais und GPS bei unterschiedlichen Stapelhöhen

Stapelhöhe	Einheit	Silomais	GPS
bis 3 m	% TM mm	ab 30 9–6	ab 35–40 6
3–6m	% TM mm	30–35 7–5	40–45 5
über 6–10 m	% TM mm	35–38 5–4	45 4

13.2 LKS und Feuchtmaissilierung

Die Maissorte für die LKS- und Feuchtmaissilierung sollte entsprechend des geplanten Ernte- und Silierverfahrens gewählt werden. Dabei sind die Empfehlungen von offiziellen

Landeseinrichtungen zu berücksichtigen. Für einen reibungslosen Ablauf von Ernte und Einsilieren des Feuchtmaises ist eine gute Abstimmung in der technologischen Kette notwendig. Die Leistungsfähigkeit der verfügbaren Technik, Transportentfernungen und weitere betriebliche Bedingungen müssen durch die Organisation passfähig gemacht werden. Die allgemeinen siliertechnischen Grundsätze gelten auch für die Silierung von LKS und CCM. Die Einlagerung der Maisprodukte muss entweder in ein möglichst schmales Silo mit Seitenwänden oder bei kleinerer Entnahmemenge als Schlauchsilierung durchgeführt werden, wobei die Besonderheiten der Schlauchsilierung zu beachten sind. Der Schlauch gehört auf befestigten, ebenen Untergrund, damit die Schlauchpresse ordentlich arbeiten kann. Der Vorschub bei der Entnahme kann über den Schlauchquerschnitt beeinflusst werden (mögliche Schlauchgrößen je nach Schlauchpresse). Um den Schlauch während der Lagerung gegen Vögel zu schützen, ist das Auflegen eines entsprechenden Netzes zu empfehlen. Dabei kann zum Beispiel mit Reifen ein notwendiger Abstand zwischen Schlauch und Netz hergestellt werden.

13.3. Silierzusätze für Maisprodukte in Fütterung und Biogaserzeugung

Maisprodukte sind leicht vergärbar und weisen daher meistens eine gute Gärqualität, aber ein hohes Instabilitätsrisiko bei der Entnahme auf. Hauptzielrichtung eines Siliermitteleinsatzes zu Maisprodukten ist daher die Verhinderung einer möglichen Nacherwärmung und Schimmelbildung. Bei steigenden Substratkosten ist es für Biogasanlagenbetreiber wichtig, Erntemassen möglichst verlustarm in Energie umzusetzen. Nacherwärmende bzw. schimmelbelastete Silagen erhöhen die Trockenmasse- und Energieverluste, die bei guter Siliertechnik bei jeweils 10 bzw. 15 % TM liegen. Es ist daher bereits bei der Anlage des Silos auf die Empfehlungen zur Verdichtung und Vorschubgestaltung zu achten. Maisprodukte sind aufgrund ausreichender Zuckergehalte und einem quantitativen hohen epiphytischen Milchsäurebakterienbesatz gut silierbar. Silierzusätze können daher die Gärqualität oft nicht wesentlich verbessern und verringern folglich auch die Gärverluste nicht markant.

13.3.1 Einsatzempfehlungen Maissilage

Bei optimalen Bedingungen in der Winterfütterung (Vorschub >2 m pro Woche) kann auf den Einsatz von Silierzusätzen zu Silomais verzichtet werden. In der Sommerfütterung bzw. in Siloanlagen im oberen Drittel sollte die aerobe Stabilität durch die Zugabe von Siliermitteln der Wirkungsrichtung 2 (Verbesserung der aeroben Stabilität) (Abb. 16) gesichert werden. Die zu empfehlende Produktgruppe: $MSB_{ho/he}$ oder MSB_{he} . Bei ungünstigen Silier- und Entnahmebedingungen (Befüllung dauert >3–4 Tage, TM-Gehalt >38 %, Verdichtung >10 % Orientierungswert) ist das Risiko der Nacherwärmung sehr groß. Hier ist der Einsatz von chemischen Zusätzen der WR 2 sinnvoll. (Tab. 17). Dieser Einsatz ist immer wirtschaftlich, da die Verluste durch Erwärmung und mögliche negative Folgen bei der Verfütterung minderwertiger Silagepartien stets teurer sind.

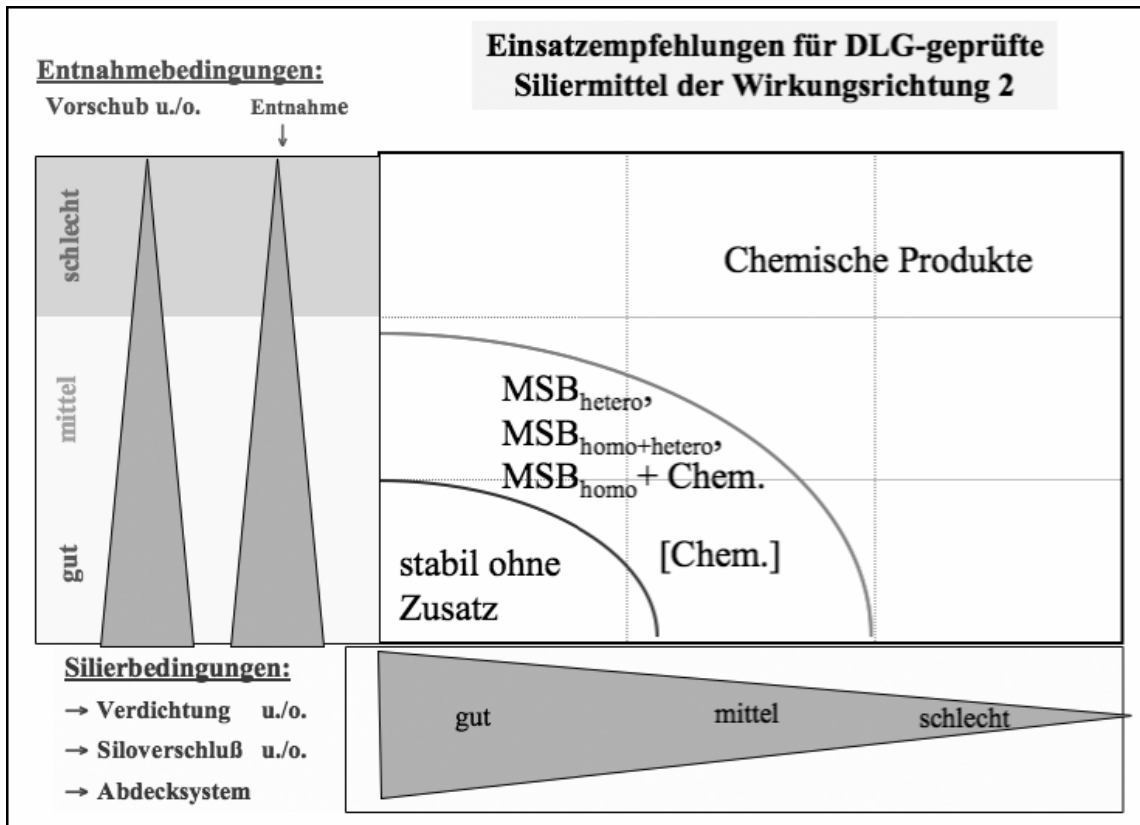


Abb. 16: Einsatzempfehlungen für DLG-geprüfte Siliermittel der Wirkungsrichtung 2

Tab. 17: Orientierungswerte zur Bewertung der Silier- und Entnahmebedingungen

	gut	mittel	schlecht
Silierbedingungen:			
Verdichtung ($kg\ TM/m^3$)	> 200	160-200	<160
– Siloverschluß (Tage)	< 1,0 Tage	> 1,0–3 Tage	> 3 Tage
– Abdeckqualität	sehr gut	gut	befriedigend
Entnahmebedingungen:			
– Vorschub Winter (m/Woche)	>1,5	0,75–1,5	<0,75
– Vorschub Sommer (m/Woche)	>2,5	1,5–2,5	<1,5
– Entnahme (Häufigkeit/Woche)	4–7	2–3	1
– Anschnittqualität	glatt	leicht lockernd	lockernd

13.3.2 Einsatzempfehlungen LKS, CCM, Feuchtmais

Da diese Maisprodukte je nach Silier- und Entnahmebedingungen extrem anfällig für Nacherwärmung und Schimmelbildung sind, ist die Verwendung eines Silierzusatzes generell anzuraten. Je mehr und je länger die Silage ungünstigen Bedingungen ausgesetzt ist, desto sinnvoller ist zur höheren Sicherheit eine kostenaufwendigere chemische Behandlung. Erhöhte Gefahr besteht bei sommerlichen Temperaturen und einem zu geringen Vorschub bei der Entnahme. Wenn die Verfütterung hauptsächlich in die Sommermonate fällt, ist daran schon beim Silieren zu denken. Gab es häufiger Probleme mit der aeroben Stabilität, so ist vorrangig ein Siliermittel mit dem DLG-Gütezeichen der Wirkungsrichtung 2 (Mittel zur Verbesserung der aeroben Stabilität) einzusetzen.

13.4 Reifezeit der Maisprodukte

Häufig werden die frisch angelegten Maissilos schon nach 1-bis 2-wöchiger Lagerdauer geöffnet. Das führt nicht nur zu höheren Verlusten und Qualitätsminderungen durch eine unzureichende Essigsäurebildung, sondern auch zu höheren Stärkeverlusten durch Ausscheiden unverdauter Körner bzw. Körnerpartikel. Empfehlungen für die Reifezeit in Abhängigkeit von einer Silierzusatzbehandlung zu Maisprodukten enthält (Tab. 18). Zur Vermeidung von zu kurzen Reifezeiten ist also ein ausreichend dimensionierter Futtervorrat für die Übergangszeit bis zum Anbruch der neuen Silage anzulegen.

Tab.18: Reifezeit verschiedener Maisprodukte in Abhängigkeit von der Behandlung mit Zusätzen

Maisprodukt	Behandlung/Silierzusatztyp ¹⁾	Reifezeit (Silo geschlossen) Wochen
Maissilage	ohne	4
	MSB _{ho}	2
	MSB _{he}	6–8
	Chemischer Silierzusatz	3
LKS, CCM Feuchtmals	ohne	6
	MSB _{ho}	3
	MSB _{he}	8
	Chemischer Silierzusatz	4

¹⁾ MSB_{ho} = homofementative Milchsäurebakterien MSB_{he} = heterofementative Milchsäurebakterien

14. Literatur

- BAYERISCHES LANDESAMT für UMWELT (2009): Silagesickersaft und Gewässerschutz. Anfall und Verwertung von Silagesickersaft aus Futtermitteln und Biomasse für Biogasanlagen, Augsburg, 5. Auflage
- DLG (2006): Gärfutterschlüssel auf Basis der chemischen Untersuchung (Teil B), DLG-Verlag, Frankfurt a.M.
- HONIG, H. (1987): Influence of forage type and consolidation on gas exchange and losses in silo, p. 51–52, in: Summary of Papers, 8th Silage Conference, Hurley, (UK)
- KLEINMANN, J. (1996): Einfluss von Verdichtung und Luftzutritt auf Hefekeimzahlen und die aerobe Stabilität (Mittelwerte aus 10 Versuchen mit Grassilage. Pioneer Silagelabor
- LOSAND, B. (2003): Maissilagequalitäten in der Milchkuhhaltung. Persönliche Mitteilung
- MAHLKOW, K. (1996): Heuproduktion. Vortragsmanuskript
- MAIS, Nr.1, 31. Jahrgang, S.16–18
- NUSSBAUM, H-J. (2006): Siloanlagen Silobau und Siloabdeckung in: Handbuch Futterkonservierung, 6. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt a.M.
- NUSSBAUM, H-J. (2009): Futterkonservierung in: Erfolgreiche Milchviehfütterung, DLG-Verlag, Frankfurt a.M.
- PAHLOW, G., (2012): Gärbiologische Grundlagen in: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung, 8. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt a.M.
- THAYSEN, J. (2004): Die Produktion von qualitativ hochwertigen Grassilagen, Übersichten

Tierernährung. 32, 57–102

UPPENKAMP, N. (1995): Verfahrensvergleich Anwelksilage, AID Schriftenreihe, Bonn

WEISS, K. (2010): Nitrat in Grünfütter, Mündliche Mitteilung im Bundesarbeitskreis Futtermittelkonservierung (BAK) in Hannover

WEISSBACH, F. und HONIG, H. (1997): DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Silagen auf der Basis der chemischen Analyse (DLG-B). Proceedings DLG-Fachausschuss Futtermittelkonservierung, Frankfurt a.M.

WEISSBACH, F. (1994): Bessere Silagen mit Siliermitteln. Vortragsmanuskript

ZIMMER, E. (1971): Factors affecting silage fermentation in silo. International Silage and Reserch Conference, Washington, p. 58–78.