

DK 631.243.24

Der Einfluß der mechanischen Aufbereitung auf die Silierfähigkeit von Halmfutter

Von **Ernst Zimmer**, Braunschweig-Völkenrode¹⁾

Die mechanische Aufbereitung von Halmfutter vor der Konservierung ist unter arbeitswirtschaftlichen und biologischen Aspekten zu sehen. Bei der Gärfutterbereitung trägt sie durch eine Erhöhung der Silierfähigkeit der Futterpflanzen zu einer Verminderung des Konservierungsrisikos bei. Die Nährstoffkonzentration, die Verfügbarkeit der Nährstoffe, die Lagerdichte und der Gasaustausch sowie die Homogenität des Futterstockes werden durch die technischen Maßnahmen Vorwelken — Zetten, Quetschen, Lockern — oder die Zerkleinerung — Quetschen, Reißen, Häckseln, Mäsen — beeinflusst. Hiervon hängen wiederum die mikrobielle Aktivität und der Gärverlauf, die Wirkung von Zusatzmitteln, aber auch der futterwirtschaftliche Effekt ab. Anhand eigener und fremder Versuchsergebnisse wird eine Analyse der Wechselbeziehungen zwischen den biologischen und den technischen Vorgängen vorgenommen, werden diese quantifiziert und können anzustrebende Grenzen angegeben werden. Hiernach trägt jede gezielte Erhöhung des Trockensubstanzgehaltes zu einer Stabilisierung des Gärverlaufes und zu einer Senkung der Nährstoffverluste bei. Die biologische Wirkung der Zerkleinerung steigt mit dem Grad der Zerkleinerung. Über eine Verbesserung der Gärungsbedingungen wird eine nachhaltigere Säurebildung erreicht, welche mit geringeren Nährstoffumsetzungen gleichbedeutend ist.

Inhalt

1. Grundlagen der Silierung
 - 1.1 Ziel der Vergärung
 - 1.2 Steuerung der Konservierung
 - 1.3 Mechanische Aufbereitung und Silierfähigkeit
2. Vorwelken des Siliergutes
 - 2.1 Wirkungsmechanismus
 - 2.2 Ziel
 - 2.3 Ergebnisse
3. Zerkleinerung des Siliergutes
 - 3.1 Einfluß auf die Lagerdichte
 - 3.11 Raumausnutzung
 - 3.12 Restatmung und Temperatur
 - 3.13 Gasaustausch
 - 3.2 Aufschluß
 - 3.21 Nährstoffmobilisierung
 - 3.22 Atmungsintensität
 - 3.3 Mischung
4. Zerkleinerung und Konservierungserfolg
5. Schlußbetrachtungen
6. Schrifttum

¹⁾ Vorgetragen auf der VDI-Tagung Landtechnik in Braunschweig am 13. Oktober 1967.

Prof. Dr. Ernst Zimmer ist Direktor des Instituts für Grünlandwirtschaft, Futterbau und Futterkonservierung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode.

1. Grundlagen der Silierung

1.1 Ziel der Vergärung

Neben der Trocknung bietet die Milchsäurevergärung dem landwirtschaftlichen Betrieb die Möglichkeit, frische Futterpflanzen zu konservieren. Aus verschiedenen Gründen führt dieses Verfahren zu einer kostengünstigeren Produktion je Nährstoffeinheit.

Das Ziel der Vergärung ist es

- a. die Zellatmung rasch zu unterbinden,
- b. den enzymatischen und mikrobiellen Eiweißabbau zu stoppen,
- c. den unproduktiven Umsatz von Kohlenhydraten zu minimieren,
- d. die Bildung von Milchsäure als dem konservierenden Agens zu fördern.

1.2 Steuerung der Konservierung

Die Vergärung gehorcht eindeutig biologischen Gesetzmäßigkeiten. Der gezielte Einsatz pflanzenbaulicher und technischer Maßnahmen dient somit einer Steuerung der Konservierung im gewünschten Sinne.

Eine Einflußnahme ist vom Grundsatz her in zwei Richtungen möglich:

- a. über die Erhöhung der Gärfähigkeit der Futterpflanze, welche zugleich das Nährsubstrat für die Mikroorganismen wie auch der zu konservierende Stoff ist;
- b. über die Verbesserung der übrigen Milieubedingungen für die Mikroorganismen, welche sich in den für die Gärung wichtigen Gruppen durch sehr spezifische Ansprüche an die Faktoren Sauerstoff, Temperatur, Nährstoffgehalt und -konzentration auszeichnen.

Pflanzenbauliche Maßnahmen der Düngung und Nutzung sind häufig von begrenztem Einfluß, da sie nur in Verbindung mit der vom Menschen unabhängigen Jahreswitterung wirksam werden. Daher ist das Bestreben berechtigt, die in der Entwicklung der Landtechnik bereits heute liegenden Möglichkeiten zur Verminderung des Konservierungsrisikos auszuschöpfen bzw. sich neue Möglichkeiten aus diesem Bereich zu erschließen.

1.3 Mechanische Aufbereitung und Silierfähigkeit

Unter diesem Gesichtspunkt kommt der mechanischen Aufbereitung von Halmfutter steigende Bedeutung zu. Zur Gruppe Halmfutter zählen dabei die nach Anbaufläche und Futterwert wichtigsten Futterarten aus den Familien der Gramineen und der Leguminosen, deren natürliche Gärfähigkeit im Zeichen einer verstärkten Stickstoffanwendung, ständig vorgezogener Schnittzeiten und intensivierter Nutzungssysteme nicht mehr ausreicht, um eine stabile Konservierung durch Silierung zu gewährleisten. Andererseits vermindern aber gerade diese betriebswirtschaftlichen Maßnahmen auch die Trocknungswürdig-

keit und -fähigkeit des gleichen Futters derart, daß ein Ausweichen auf das Verfahren der Trocknung mit den Methoden der Heuwerbung noch risikoreicher wird als bisher.

Die mechanische Aufbereitung von Halmgut ist lange Zeit zu einseitig unter arbeitswirtschaftlichen Aspekten gesehen worden. Eine gezielt angesetzte Forschung der letzten Jahre hat jedoch erwiesen, daß der biologische Effekt unter Umständen höher zu veranschlagen ist.

Gemäß der bereits getroffenen Aussage, daß alle technologischen Maßnahmen bei der Gärfutterbereitung zwei Wirkungsrichtungen aufweisen, ist auch die mechanische Aufbereitung so zu sehen, **Tafel 1**:

a. Durch eine Erhöhung des Trockensubstanzgehaltes im Grünfutter, nämlich das Vorwelken auf dem Felde, nach einer entsprechenden mechanischen Bearbeitung (Zetten, Quetschen) wird die Gärfähigkeit des Futters verbessert.

b. Durch eine Zerkleinerung des Grünfutters werden die übrigen Gärungsbedingungen positiv beeinflusst, wobei die physikalische Zustandsänderung per se wirkt oder aber chemische Reaktionen nach sich zieht, die ihrerseits wirksam werden.

Tafel 1. Wirkung des mechanischen Aufbereitens von Halmgut auf die Silierfähigkeit.

— keine Wirkung + positive Wirkung ++ starke positive Wirkung

Mechanische Bearbeitung	Lockern Zetten — Quetschen	Zerkleinern		
		Quetschen	Reißen	Häckseln Mäsen
Silierfähigkeit	Vorwelken	Zellauf- schluß	Mischung	Lagerdichte
Effekt	Nährstoff- konzentration	Nährstoff- verfügbar- keit Atmungs- intensität	Homoge- nität	Luftab- schluß Gasaus- tausch Temperatur
Mikrobiologie	++	+	—	+
Säurebildung	++	++	—	++
Wirkung der Zusatzstoffe	—	+	++	—
Umsetzungen	++	+	—	++
Futtermverzehr	++	—	+ ?	—

2. Vorwelken des Siliergutes

2.1 Wirkungsmechanismus

Der biologisch wirksame Faktor ist hier die Erhöhung der Nährstoffkonzentration im Zellsaft. Insbesondere wird der Gehalt an gärfähigen Zuckern positiv beeinflusst, da während des beginnenden Trocknungsprozesses auf dem Felde in der noch lebenden Pflanzenzelle Dissimilationsvorgänge ablaufen, welche aus den nicht unmittelbar für die Bakterien verfügbaren Reserve-Kohlenhydraten der Pflanze nunmehr für die Säurebildung verfügbare Monosaccharide abspalten.

Dieser Vorgang läuft der zunächst noch voll intakten Zellatmung entgegengesetzt, welche ihrerseits zur völligen Mineralisation der leicht löslichen Kohlenhydrate in Kohlendioxid und Wasser unter Wärmeabgabe und damit zum Verlust hochverdaulicher Nährstoffe führt.

Aus diesem Wirkungsmechanismus läßt sich die Forderung an die Landtechnik ableiten, daß die Bearbeitung zum Vorwelken von Futterpflanzen eine rasche und in allen Pflanzenteilen gleichmäßige Trocknung zur Folge haben sollte.

2.2 Ziel

Bei einem Ziel von etwa 35% TS-Gehalt (TS = Trockensubstanz) für Vorwelksilage und 45% für das stärker vorgewelkte Gärheu bedeutet eine kurze Zeitspanne von ein bis höchstens zwei Tagen für das Vorwelken eine entscheidende Verminderung des Wetterrisikos gegenüber der Heuwerbung. Die Atmungsverluste haben dann noch einen zu vernachlässigenden Umfang, und mechanisch bedingte Stoffverluste können in diesem Feuchtigkeitsbereich praktisch noch nicht auftreten.

Diese kurze Trocknungszeit wird um so eher erreicht, je gleichmäßiger auch grobe Pflanzenteile durch die Bearbeitung aufgeschlossen worden sind. Die Entwicklung von Quetsch- oder Knickzettern hat daher für größeres Feldfutter, beispielsweise Rotklee oder Luzerne, gute Fortschritte gebracht. Sie sind jedoch vorläufig noch ungenügend für die Aufbereitung von blattreichem, feinhalmigem Gras (*Wieneke* und *Dernedde* [11]). Die Notwendigkeit zur Beschleunigung des Vorwelkens besteht jedoch hier wie dort, da sein biologischer Effekt auf den Gärverlauf und die Umsetzungen sehr hoch ist und ansteigt, je schwerer gärfähig eine Futterart ist. Wir sprechen in diesem Zusammenhang beispielsweise von einem kritischen TS-Gehalt, welcher erreicht werden muß, um die geschilderte Reaktionskette im Gärverlauf zum Tragen zu bringen.

2.3 Ergebnisse

Im Institut für Grünlandwirtschaft (*Zimmer* [14]) durchgeführte Untersuchungen ergaben folgende Zusammenhänge im Bereich von Gärfutter mit 20% bis um 50% TS-Gehalt:

a. Bei einer Steigerung des TS-Gehaltes um 10% nahm der Anteil flüchtiger Gärtsäuren (Essigsäure und Buttersäure) um 1,16% in der TS oder um etwa 25% relativ ab, was einer höheren Silagequalität gleichkommt. Die Ursache ist in der selektiven Wirkung des Vorwelkens auf bestimmte Gärungsschädlinge, insbesondere die Clostridien, zu suchen.

b. Die Bildung von Gärgasen (Kohlendioxid), welche mit der Bildung flüchtiger Gärtsäuren oder von Alkohol zusammenhängt, ging um 505 l/100 kg TS, bezogen auf 30 Tage Hauptgärphase, zurück.

c. Für die genannte Vorwelkstufe wurden dementsprechend 2% geringere TS-Verluste aus Gärgasen gemessen.

Zusammen mit der ab etwa 30% TS-Gehalt völlig unterbundenen Bildung von Sickersaft ergibt sich somit eine klare Reduzierung der Umsetzungen und Verluste bei der Konservierung von Vorwelkfutter, was einer Kostensenkung gleichkommt, **Bild 1**.

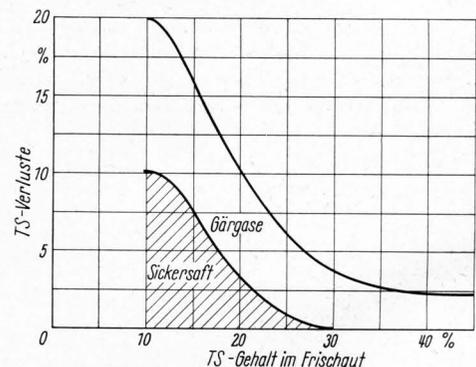


Bild 1. Trockensubstanzverluste beim Silieren in Abhängigkeit vom Trockensubstanzgehalt im Frischgut.

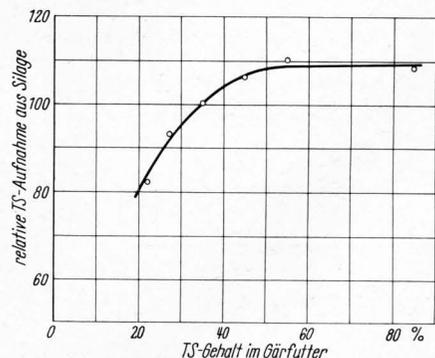


Bild 2. Trockensubstanzaufnahme aus Silage durch Kühe in Abhängigkeit vom Trockensubstanzgehalt des Gärfutters (nach amerik. Untersuchungen [16]).

Die relative TS-Aufnahme gleich 100 entspricht 9–10 kg TS/Tag bei Silage als Alleinfutter.

von Gasen in die Grenzzonen des Futterstockes fehlen, kann man folgern, daß hohe Raumgewichte bei gleichen übrigen Bedingungen den Gasaustausch stärker behindern. Hiermit wird aber die Sicherheit zur Aufrechterhaltung günstiger Gärbedingungen während der Dauer der Lagerzeit erhöht.

3.2 Aufschluß

3.2.1 Nährstoffmobilisierung

Jede Zerkleinerung von Pflanzenmaterial zerstört einen Teil des Zellgewebes völlig und gestattet den Austritt des Zellsaftes, welcher gelöste Nährstoffe enthält. Die Häufigkeit der Zerkleinerung steigt mit Abnahme der Teilstückgröße. Die heute gebräuchlichen Verfahren der mechanischen Aufbereitung lassen sich hinsichtlich des Grades der Zerkleinerung in folgender Reihe ordnen:

Quetschen — Reißen — Häckseln — Musen.

Jedes Verfahren zerkleinert dabei stärker als das vorhergehende. Eine wirklich befriedigende Meßtechnik für den erreichten Grad der Zerkleinerung bei biologischem Material stößt allerdings immer noch auf Schwierigkeiten. Beispielsweise gibt der Meßwert „Saftbildung bei konstantem Druck“ zwar Vergleichswerte, doch ist er stark abhängig vom Wassergehalt des Materials und seiner physikalischen Struktur in Abhängigkeit vom Vegetationszustand.

Erst der Austritt von nährstoffhaltigem Zellsaft öffnet den stets an der Außenseite der Pflanze lebenden Mikroorganismen den Weg zum Nährstoffreservoir und gibt ihnen die Möglichkeit, sofort und intensiv mit der Produktion von organischen Säuren zu beginnen.

3.2.2 Atmungsintensität

Die reine Nährstoffmobilisierung wird durch eine gesteigerte Atmungsintensität der zerkleinerten Pflanzenmasse ergänzt (Greenhill [5], Simpson [9]), Bild 4. Der Aufschluß der Zelle stimuliert die Atmung, wobei eine deutliche Abhängigkeit zum Grad der Aufbereitung besteht. Die Ursache liegt in einer gesteigerten Enzymaktivität infolge des Saftaustrittes. Die Wirkung zeigt sich in einer erheblich vergrößerten Sauerstoffaufnahme mit äquivalenter Kohlendioxidabgabe, welche den Zelltod der nicht verletzten Zellmassen beschleunigt.

Bei unzerkleinertem Material beginnt dagegen die nachhaltige Säurebildung erst dann, wenn infolge des natürlichen Zelltods der Pflanze nach totaler Kohlendioxidvergiftung durch die normale Restatmung der Zelldruck aufgehoben und der Zellverband zerstört worden sind. Diese an sich nur geringe Zeitspanne von etwa 4 bis 6 Stunden zwischen der sofortigen und reichlichen Verfügbarkeit von Pflanzenzuckern und intensiver

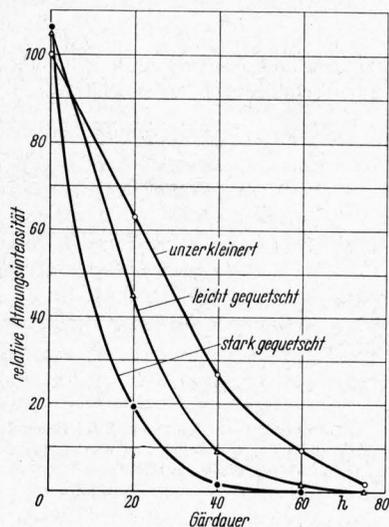


Bild 4. Atmungsintensität in Abhängigkeit von der Gärdauer bei verschiedenem Zerkleinerungsgrad (nach Simpson [9]).

Die Intensität von unzerkleinertem Siliergut (Weißklee, Luzerne, Weidelgras) in der Gärzeit Null wurde gleich 100 gesetzt. Sämtliche Meßwerte in siebenfacher Wiederholung.

CO₂-Produktion in aufgeschlossenem Material sowie der erst später einsetzenden vollen Verfügbarkeit bei zugleich langsamem Verbrauch des Restsauerstoffes in unzerkleinertem Gut ist mikrobiologisch von großem Gewicht. Hierzu ist zu bedenken, daß die normale Vermehrungsquote, beispielsweise der Milchsäurebakterien, in 36 bis 48 Stunden den Wert von 10⁸ bis 10⁹ annimmt. Auch ein relativ kleiner Zeitvorsprung, wie in diesem Falle, erhält somit eine nachhaltige Bedeutung, da die offensichtliche Förderung der Säurebildner durch Schaffung eines ihnen zuträglichen Milieus eine rechtzeitige Umschichtung der Bakterienflora und damit eine Ausschaltung der Nährstoffkonkurrenz bewirkt.

Das Ergebnis der skizzierten Vorgänge ist somit eine raschere und nachhaltigere Säurebildung, Bild 5, mit einer schnelleren Absenkung des pH-Wertes auf einen für die Konservierung wirksamen Wert (Murdoch [7], McDonald [3]). Die natürlicherweise vorhandenen Zucker werden rationeller zur Säurebildung eingesetzt und nicht unproduktiv mineralisiert. Hieraus erklärt sich die richtige Beobachtung der landwirtschaftlichen Praxis, daß die Zerkleinerung schwer gärfähigen Futters Zucker- und Zusatzmittel-sparend zu wirken vermag.

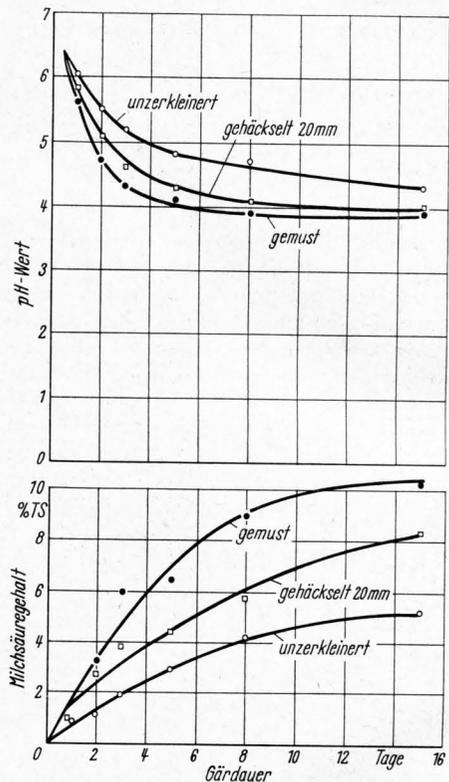


Bild 5. Intensität der Säurebildung in Abhängigkeit von der Gärdauer bei verschiedenem Zerkleinerungsgrad (nach Murdoch [7]).

Gärgut: Kleegrass

3.3 Mischung

Jede mechanische Aufbereitung hat einen gewissen Mischungseffekt zur Folge und verbessert damit die Gleichmäßigkeit des Materials. Gärbiologisch ist das ein Vorteil. Sehr ungleichmäßig gelagerte Futterstöcke vergären auch ungleichmäßig und bringen die Gefahr der nesterweisen Fehlgärungen mit sich. Von Zonen mit schlechteren Gärbedingungen und damit einer ungünstigeren Mikrobenpopulation und Säurebildung werden die angrenzenden Bereiche beeinflusst; nachträglich können somit bereits gut vergorene Futterstöcke noch schlecht werden.

Der gleiche Grundsatz gilt bei Anwendung von Zusatzmitteln. Die in der Praxis häufig beobachtete unbefriedigende Wirkung von Säuren oder Streusalzen hängt sehr oft mit ihrer ungenügenden Verteilung zusammen. Diese ist tatsächlich bei Langgut trotz großer Sorgfalt nicht befriedigend zu erreichen. Lagerweises Einbringen von Zusatzmitteln bleibt jedoch weitgehend wirkungslos. Allerdings wird der gewünschte Mischungseffekt

mit entsprechender Wirkung erst beim Häckseln oder Musen von Grünfütter, nicht jedoch bei einfachem Quetschen oder Reißen erreicht.

4. Zerkleinerung und Konservierungserfolg

Als Ergebnis der im einzelnen geschilderten Wirkungen einer verschiedenartigen Zerkleinerung von Halmgut ist immer wieder ein insgesamt besserer Gärverlauf, demonstriert in dem Qualitätsergebnis und den niedrigeren Nährstoffverlusten, ermittelt worden (*DeVuyst* [2], *Buysse* [1], *Ulvesli* [10]). In eigenen Versuchen wurde festgestellt, daß die Gärfutterqualität mit steigendem Grad der Zerkleinerung bis hin zum Musen noch zunimmt, wobei gleichzeitig die Gleichmäßigkeit der Gärung, ausgedrückt im Variationskoeffizienten der Meßwerte, signifikant besser wird, **Bild 6**. Das bloße Anquetschen des Gutes genügt hiernach noch nicht, um die geschilderten biologischen Vorgänge voll wirksam werden zu lassen. Das Material ist bei dieser Aufschlußart nicht gleichmäßig genug bearbeitet, auch unter Laborbedingungen hinsichtlich der Siliertechnik wechseln in rascher Folge Zonen günstiger oder ungünstiger Gärungsvor-

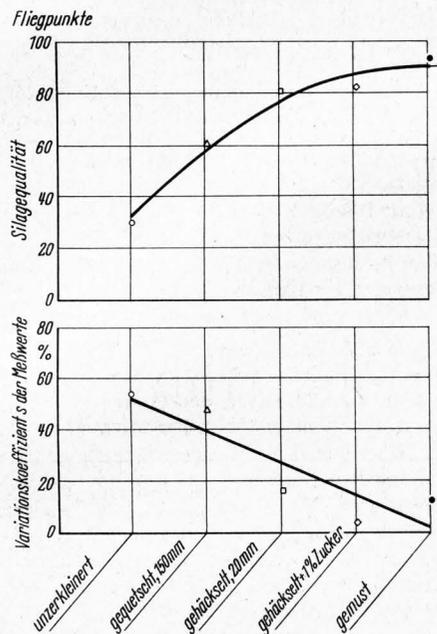


Bild 6. Silagequalität und Gleichmäßigkeit der Gärung in Abhängigkeit vom Zerkleinerungsgrad (nach *Zimmer* [13]).

gänge ab. Zu gleichem Ergebnis kommt *Wieringa* [12], der bei einem Übergang von Langgut auf sehr stark mazeriertes Gut eine Verbesserung der Silagequalität von 51 auf 92 Fliegpunkte bei gleichzeitigem Rückgang des Eiweißabbaues feststellte:

Tafel 4. Silagequalität und Zerkleinerungsgrad (nach *Wieringa* [12]).

Zerkleinerungsgrad	pH-Wert	Fliegpunkte	NH ₃ -N in % d. Gesamt-N	Flüchtige Säuren in % d. Gesamtsäure
relativ		²⁾	³⁾	⁴⁾
0	4.45	51	15.1	44.2
40	4.15	75	9.0	28.8
100	4.00	92	6.4	24.6

²⁾ Qualitätsbewertung nach *Flieg*: 0 bis 100 = schlecht bis sehr gut, aufgrund des Gehaltes an organischen Fettsäuren (Milch-, Essig-, Buttersäure).

³⁾ Der Ammoniak-N orientiert über den Eiweißabbau; hohe Werte sind negativ zu beurteilen.

⁴⁾ Flüchtige Säuren (Essig- und Buttersäure) sind in hohen Werten negativ zu beurteilen.

Andere Völkneroder Versuche [6] mit Gras und Luzerne ergaben eine hochsignifikante Überlegenheit des kurzgehäckselten Futters gegenüber Langgut bei sonst optimalen technolo-

gischen Bedingungen. Diese Überlegenheit blieb auch dann gewahrt, wenn als Gärhilfe steigende Mengen von Futterzucker zugegeben worden waren. Die schwer gärfähige Luzerne reagierte wesentlich stärker auf die Zerkleinerung als das mittelschwer gärfähige Weidegras. Diese Untersuchungen vermittelten ferner einen Einblick in die Gasbildung, auf die zwischen 50 und 100% der Gesamtverluste entfallen, **Bild 7**. Bezogen auf die Gasbildung der Langgutvarianten produzierten die Kurzhäckselvarianten nur ca. 60% der Kohlendioxidmenge. Am Rande sei auch auf die außerordentlich starke Senkung der Gärgasproduktion

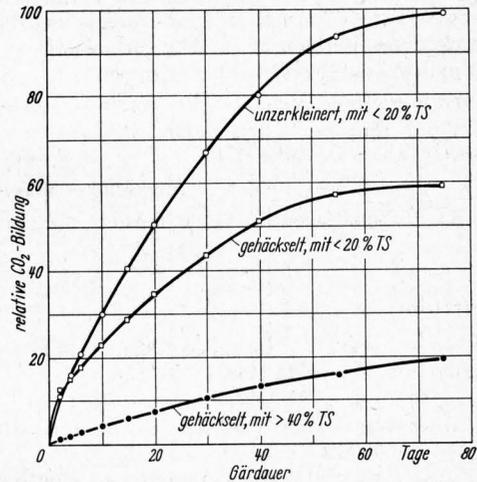


Bild 7. Gärgasbildung in Abhängigkeit von der Gärdauer bei verschiedener Siliertechnik (Zerkleinerungsgrad, Trockensubstanzgehalt) nach [6].

Siliergut: Gras und Luzerne

allein durch das Vorwelken hingewiesen, welches die Wirksamkeit dieser Maßnahmen für den Gärverlauf unterstreicht. Aus anderen Versuchen ist bekannt (*Zimmer* [13]), daß eine noch feinere Zerkleinerung durch Musen weitere Qualitätssteigerungen bei eingeschränkten Umsetzungen zu erbringen vermag:

Tafel 5. Silagequalität und Zerkleinerungsgrad (nach *Zimmer* [13]).

Zerkleinerungsgrad	pH-Wert	Fliegpunkte	NH ₃ -N in % der Gesamt-N	Flüchtige Säuren in % der Gesamtsäure	Gasmenge relativ
		[*]	[*]	[*]	
gehäckselt, 20 mm	4.86	67	12.8	49.1	100
gemust	4.08	81	4.8	33.3	62

^{*}) Erläuterungen s. Tafel 4.

An einem umfangreichen Datenmaterial aus fremden und eigenen Versuchen wurde schließlich der Verlustunterschied zwischen Langgut und Häckselgut unter Bedingungen in Praxis-silos ermittelt (*Zimmer* [15]). Diese Werte und ähnliche anderer Autoren, **Tafel 6**, liegen jedoch schon in einer Größenordnung, welche betriebswirtschaftliche Konsequenzen erheblicher Tragweite, wie es die Umstellung einer Futterkette beispielsweise darstellt, rechtfertigen würden.

Tafel 6. Silierverluste und Zerkleinerungsgrad.

Autor	Trockensubstanz-Verluste				relativ ^{**})
	Langgut		Häckselgut		
	n [*])	%	n [*])	%	
<i>Buysse</i> [1]	14	26.3	14	11.4	43.4
<i>Ulvesli</i> [10]	35	13.5	39	4.8	35.5
<i>Zimmer</i> [15]	48	27.1	347	18.0	66.5

^{*}) n Zahl der Silobilanzen

^{**}) Langgut = 100

5. Schlußbetrachtungen

Die vielfältig belegten und im einzelnen analysierten Wirkungen einer Aufbereitung von Halmgut auf den Konservierungserfolg lassen folgende Empfehlungen zu:

1. Jede Beschleunigung des Vorwelkens durch gezielten Geräteeinsatz trägt zur Sicherung der Gärung und Senkung der Konservierungsverluste bei.
2. Eine Zerkleinerung von Halmfutter verbessert den Gärverlauf und senkt die Konservierungsverluste. Seine Wirkung ist um so größer, je stärker vorgewelkt, je schwerer gärfähig ein Futter ist. Für die Normalverfahren Langgut und Häckselgut lassen sich diese Wirkungen in den gärbioologischen Größen Qualität und Nährstoffverluste quantifizieren.
3. Die verschiedenen Arten der Zerkleinerung stufen sich in ihrer Wirkung etwa nach dem damit erreichbaren Grad der Zerkleinerung ab in folgender Reihe:

Quetschen — Reißen — Häckseln — Musen.

Zusätzliche Informationen hierüber müssen noch erarbeitet werden.

6. Schrifttum

- [1] *Buyse, F.*: Hakselen als invloedsfactor bij het inkuielen. Landbouwtijdschrift **14** (1961) S. 773/78.
- [2] *De Vuyst, A.*, et. al.: Description d'une methode de testage des conservants pour ensilages. Agricultura **12** (1964) S. 551/79 u. 580/97.
- [3] *McDonald, P.*, et al.: Fermentation studies on red clover. J. Science Food and Agriculture **16** (1965) S. 549/57.
- [4] *Greenhill, W. L.*: Respiration rate during pasture drying. J. Science Food and Agriculture **10** (1959) S. 495.

- [5] *Grimm, A.*: Die Kosten der Grasanwelksilage bei verschiedenen Ernte-, Konservierungs- und Fütterungsverfahren. KTL-Ber. über Landtechn. Heft 106. München 1967.
- [6] Unveröffentl. Versuchsber. des Instituts für Grünlandwirtschaft der FAL 1966.
- [7] *Murdoch, J. C.*, et. al.: The effect of chopping, lacerating and wilting of herbage on the chemical composition of silage. J. British Grassl. Soc. **10** (1955) S. 181/88.
- [8] *Segler, G.*, und *B. Winkler*: Der Einfluß der Zerkleinerung von grünem Halmfutter auf die Silolagerung. Landtechn. Forsch. **5** (1955) H. 2, S. 42/47.
- [9] *Simpson, B.*: Effect of crushing on the respiratory drift. J. Science Food and Agriculture **12** (1961) S. 706/12.
- [10] *Ulvesli, O.*: Ensiling experiments at stand agricultural school. Meld. Norges Landbr. Høgsskole **44** (1965) Nr. 13.
- [11] *Wieneke, F.*, und *W. Dervedde*: Entwicklung und Forschung auf dem Gebiet des Quetschens und Knickens von Halmgut. Grundl. Landtechn. **15** (1965) Nr. 3, S. 65/70.
- [12] *Wieringa, G. W.*: Some factors influencing silage fermentation. II. Influence of degree of laceration and of bacterial flora from the grass. Neth. J. of Agric. Science **7** (1959) Nr. 3.
- [13] *Zimmer, E.*: Einfluß verschiedener Silierbedingungen auf den Gärverlauf, die Bildung organischer Säuren und die Verluste bei Luzerne. Landbauforsch. Völknerode **14** (1964) H. 1, S. 23/28.
- [14] *Zimmer, E.*: Das Anwelken in seinem Einfluß auf die Nährstoffverluste, insbesondere die Bildung von Gärgasen. Int. Symposium Rostock, Sept. 1966. Dt. Akademie d. Landw. Wissenschaften, Berlin (Im Druck).
- [15] *Zimmer, E.*: Nährstoffverluste bei der Vergärung von Futterpflanzen. I. Der Einfluß der Siloform auf die Höhe der Verluste. Das wirtschaftseigene Futter **13** (1967) Nr. 4.
- [16] *Zimmer, E.*: Silageverzehr und Trockensubstanzgehalt. Z. Tierzüchter **17** (1965) Nr. 3.

KURZAUSZÜGE AUS DEM SCHRIFTTUM

Bodenbearbeitungsmaschinen mit rotierenden Werkzeugen

Pascal, J. A.: Rotary soil working machines (Bodenbearbeitungsmaschinen mit rotierenden Werkzeugen). Farm Mechanization **19** (1967) Nr. 211, S. 24/26, 29. DK 631.312.3

Bereits seit etwa 100 Jahren ist das Prinzip der Bodenbearbeitung mit rotierenden Werkzeugen bekannt. So wurde schon Ende des vorigen Jahrhunderts eine dampfgetriebene Maschine mit vertikaler Rotorachse für Fräsarbeiten eingesetzt. Die entscheidende Verbreitung der Fräse wurde demgegenüber erst durch den modernen Ackerschlepper mit Zapfwelle ermöglicht. Eine treibende Kraft der Entwicklung war dabei die Überlegung, daß der Direktantrieb von Bodenbearbeitungswerkzeugen mit weniger Verlusten verbunden ist als der indirekte Antrieb über den Umweg der mit Schlupf arbeitenden Schlepper-Triebräder.

Von den bisher angebotenen Maschinen fanden solche mit horizontaler Rotorachse den größten Anklang, während die Bauart mit vertikaler oder stehender Achse nur vereinzelt für Sonderzwecke benutzt wird.

Eine weitere in letzter Zeit viel diskutierte Bodenbearbeitungsmaschine mit Zapfwellenantrieb, die sogenannte Spatenmaschine, ist im Prinzip ähnlich aufgebaut wie die Horizontalrotor-Fräse. Jedoch wählte man die Arbeitsgeschwindigkeit der Werkzeuge weitaus kleiner, während die Arbeitstiefe etwa doppelt so groß ist und damit im Bereich des Pfluges liegt. Spatenmaschinen, die häufig mit gesteuerten Werkzeugen ausgeführt werden, um einen gewissen Wendeeffekt (Einarbeiten von Ernteresten) zu erreichen, kann man an Stelle von Scharpflügen dann sinnvoll einsetzen, wenn schwerer und an der Oberfläche nasser Boden zu bearbeiten ist. In solchen Fällen würde der Schlepper beim Ziehen eines Pfluges mit großem Schlupf arbeiten, während die Spatenmaschine so konstruiert werden kann, daß praktisch keine Zugkräfte auftreten.

Der Verfasser gibt für jeden der drei behandelten Typen Faustwerte und charakteristische Eigenschaften an, die bei etwa 20 PS Leistungsaufnahme für schwere Böden gelten und hier tabellarisch zusammengefaßt werden sollen:

	Herkömmliche Fräse mit horizontaler Rotorachse	Sonderbauart mit vertikaler Rotorachse	Spatenmaschine
Rotordrehzahl U/min	180	220	30
Arbeitstiefe cm	10	10	20
Arbeitsgeschwindigkeit km/h	1,5	1,5	1,5
Bissenlänge cm	5	5	5
Bewegtes Erdvolumen je aufgewendete Energieeinheit %	35	35	100
Zugkraftbedarf	klein	mittel	nur bei Verwendung von Sechen kleine Zugkraft, sonst schiebt das Gerät den Schlepper
Einsatz	Aufbrechen gepflügten abgesetzten Bodens zur Saatbettbereitung	Saatbettbereitung bei besond. guter Zerstörung von Unkrautwurzeln, Saatbett nicht so locker wie bei herkömmlicher Fräsarbeit	Ersatz für das Pflügen, wenn schwerer Boden mit nasser Oberfläche bearbeitet werden soll
Einarbeiten von Ernteresten	einigermaßen befriedigend	unbefriedigend	unbefriedigend bei ungesteuerten, gut bei gesteuerten Spatenwerkzeugen

Die Flächenleistungen der besprochenen Maschinen sind etwa genauso groß wie bei vergleichbaren Scharpflügen, solange (bei Fräsen) ein Arbeitsgang ausreicht. GL 119

Braunschweig

K. Th. Renius

(Fortsetzung auf Seite 224)