

Bild 3. Trockenmassedurchsatz der Entnahmemaschine in Abhängigkeit vom Kurzhäckselanteil und vom Trockenmassegehalt bei Lagerungsdichten von 730 bis 830 kg/m<sup>3</sup>;  $y = 3,18 - 0,05 x_2 + 0,08 x_3$ ,  $x_2$  Kurzhäckselanteil,  $x_3$  Trockenmassegehalt,  $B = 0,24^{+++}$

Die Anwendung von Formsteinsilos als *alleinige* Siloform ist auf den meisten Standorten in der DDR nicht möglich, wenn Frischsilage mit 16 bis 20 Prozent und Welksilage mit 25 bis 60 Prozent Trockenmassegehalt bereitet werden sollen.

Innerhalb des optimalen Trockenmassebereichs von 35 bis 45 Prozent sind beide Siloformen für die industriemäßigen Verfahren der Silageproduktion geeignet.

Die Prinziplösung für das Verteilen und die Entnahme läßt sich auch für die Rekonstruktion von Hochsilos mit 7,3 m Durchmesser anwenden. Nach Abschluß der laufenden Entwicklung von Hochsilos mit 12 m Durchmesser wird mit der vorhandenen verfahrenstechnischen Grundlösung das

einheitliche Bau- und Mechanisierungssystem durch Silos mit 15 m Durchmesser zu erweitern sein.

Durch Vergrößern des Durchmessers und eine umfassende Standardisierung der ausrüstungstechnischen Baugruppen für Silos mit unterschiedlichem Durchmesser ist eine Verringerung des Investitionsaufwands für Bau und Mechanisierung um etwa 20 Prozent möglich.

### Zusammenfassung

Technologische und gärbio-logische Anforderungen müssen bei Verfahren der Silierguternte und -einlagerung berücksichtigt werden, um das Siliergut in den verfügbaren Erntezeitspannen möglichst ohne Wertminderung zu bergen und Silage mit hoher Qualität zu erzeugen.

Die Durchsätze für die Maschinen zur Entnahme von Silage werden durch die für die Versorgung großer Tierproduktionsanlagen erforderliche Futtermasse und durch das schnelle Beladen von Transportfahrzeugen an zentralen Siloanlagen bestimmt.

Für großvolumige Horizontalsilos, die Rinderanlagen mit Schwarz-Weiß-Trennung zugeordnet sind und ein Überfahren der seitlichen Fahrampen oder des Futterstocks nicht gestatten, ist ein Befüllen durch abschnittsweises Aufsetzen des Futterstocks von der Silogrundfläche aus möglich.

Der Einsatz von Formstein-Hochsilos zur Welksilagebereitung setzt einen optimalen Trockenmassegehalt des Welkguts von 35 bis 45 Prozent voraus. Zur Erfüllung dieser Forderung sind die Schwaden zusätzlich zu lüften und zu wenden.

Mit der gegenwärtig anlaufenden Produktion monolithischer Hochsilos ist es möglich, Welksilage mit 25 bis 60 Prozent Trockenmassegehalt zu bereiten.

A 9223

Dr. H. Bennewitz\*

## Ökonomische Beurteilung von industriemäßigen Verfahren der Grünfütterernte und -silierung<sup>1</sup>

Grünfütterernte und -silierung müssen unter den Bedingungen der industriemäßigen Produktion technologisch als eine Einheit betrachtet werden, da alle von der Mahd bis zur Verdichtung bzw. Verteilung des Futters im Silo eingesetzten Mechanisierungsmittel in einem Fließarbeitsverfahren miteinander verknüpft sind.

Das bedeutet, daß in Zukunft nur noch solche Verfahren der Silierung praktische Bedeutung haben werden, die eine zügige Einlagerung des mit 2 bis 3 komplex eingesetzten Feldhäckseln geernteten Futters gewährleisten. Dabei ist von folgenden Mindestforderungen an die Einlagerungsleistung in der Durchführungszeit  $T_{04}$  auszugehen:

|          |                            |        |
|----------|----------------------------|--------|
| Welkgut  | 40 Prozent Trockensubstanz | 50 t/h |
| Silomais | 20 Prozent Trockensubstanz | 80t/h  |

Diese Leistungen sind mit Hilfe herkömmlicher Einlagerungsverfahren nicht zu erreichen. Sie setzen die abschnittsweise Befüllung großvolumiger Horizontalsilos von der Silosohle oder von Hochstraßen bzw. den Einsatz von Hochsiloplanlagen HS 25 M voraus (Tafel 1).

Das Einlagern von der Silosohle aus kommt sowohl für Welkgut als auch für Silomais in Betracht. Es kann mit Radtraktoren K-700 oder ZT 303 mit speziellen Heckanbaue-

räten durchgeführt werden. Für das Abkippen von Hochstraßen aus ist nur mähfrisches Futter geeignet, da sich in loser Schüttung abgeladenes Welkgut bei den geforderten Einlagerungsleistungen nicht ordnungsgemäß im Silo verteilen läßt. Zur Befüllung des obersten Silodrittels sind bei diesem Verfahren Mobilkräne erforderlich. Hochsilos HS 25 M sollten im Hinblick auf eine hocheffektive Nutzung in der Regel nur mit angewelktem Futter beschickt werden.

Zur ökonomischen Beurteilung werden die beschriebenen industriemäßigen Verfahren untereinander sowie mit einem typischen herkömmlichen Verfahren der Grünfütterernte und -silierung verglichen. Der Vergleich geht bei allen Horizontalsilovarianten von der Verteilung und Verdichtung des Silierguts mit zwillingsbereiften Radtraktoren ZT 300, der ganzflächigen Bedeckung des Futterstapels mit Folie und Erde und der Silageentnahme mit dem Mobilkran T 174 aus.

Die ökonomische Beurteilung erfolgt anhand folgender Kriterien:

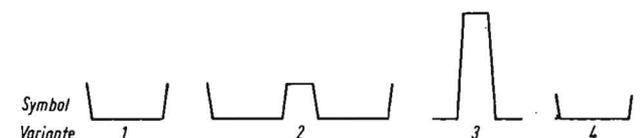


Bild 1. Symbolische Kennzeichnung der untersuchten Silo-Varianten

\* Institut für Futterproduktion Paulinenaue der AdL der DDR (Direktor: Dr. H. Thöns)

<sup>1</sup> Vortrag zur Wissenschaftlich-technischen Tagung „Maschinen, Anlagen und Verfahren für die industriemäßige Futterproduktion“ der KDT am 10. und 11. Mai 1973 in Neubrandenburg

| Siliergut | Kennzeichnung des Verfahrens |  |                      |                                   |             |
|-----------|------------------------------|--|----------------------|-----------------------------------|-------------|
|           | Ernte                        | Lagerung   | Variante<br>(Bild 1) | Einlagerung                       | Auslagerung |
| Welkgut   | E 301,<br>E 280              | Horizontalsilo,<br>4 ... 5 m hoch                    | 1                    | ZT 303<br>m. Heckgabel,<br>ZT 300 | T 174       |
|           |                              | Hochsilo HS 25<br>bzw. HS 25 M                       | 3                    |                                   |             |
|           | E 143,<br>E 247,<br>E 066-1  | Horizontalsilo<br>< 3,6 m hoch                       | 4                    | durch Überfahren                  | T 174       |
| Silomais  | E 280                        | Horizontalsilo,<br>4 ... 5 m hoch                    | 1                    | ZT 303<br>m. Heckgabel<br>ZT 300  | T 174       |
|           |                              | Horizontalsilo,<br>4 ... 5 m hoch,<br>mit Hochstraße | 2                    | T 174, ZT 300                     | T 174       |
|           | E 066-1                      | Horizontalsilo,<br>< 3,6 m hoch                      | 4                    | durch Überfahren                  | T 174       |

Tafel 1  
Technologische Varianten der Ernte und  
Silierung von Welkgut und Silomais

Tafel 2. Energieverluste bei der Produktion von Welk- und Mais-  
silagen

| Variante<br>Nr. | Welksilage |      | Maissilage |      |
|-----------------|------------|------|------------|------|
|                 | %          | rel. | %          | rel. |
| 1               | 27         | 87   | 28         | 88   |
| 2               |            |      | 28         | 88   |
| 3               | 21         | 68   | (25)       | (78) |
| 4               | 31         | 100  | 32         | 100  |

Tafel 3. Kosten der Welksilageproduktion (Orientierungswerte)

| Variante<br>Nr. | Verfahrenskosten<br>der Ernte und<br>Silierung |      | Produktions-<br>selbstkosten |      |
|-----------------|--|------|------------------------------|------|
|                 | M/dt Silage                                    | rel. | M/dt Silage                  | rel. |
| 1               | 5,60   | 80   | 10,10                        | 86   |
| 3               | 6,70   | 96   | 10,90                        | 93   |
| 4               | 7,00   | 100  | 11,70                        | 100  |

— Verlust an energetischen Futtereinheiten von der Mahd bis zur Übernahme der ausgelagerten Silage durch Transport- oder Fördermittel bzw. Nettoenergieertrag je ha

— Verfahrenskosten der Ernte, Einlagerung, Lagerung und Auslagerung sowie Produktionsselbstkosten der Silagen

— Bedarf an lebendiger Arbeit für Ernte, Ein- und Auslagerung einschließlich Zu- und Abdeckung des Futterstapels sowie für die Silageproduktion insgesamt.

### Energieverluste

Im Vergleich zu herkömmlichen Horizontalsiloverfahren lassen sich die Verluste bei der Ernte und Silierung von Welkgut (Tafel 2) durch die abschnittsweise Einlagerung und Zudeckung in hohen Horizontalsilos um 10 bis 15 Prozent, durch die Nutzung von monolithischen Hochsilos sogar um etwa 30 Prozent senken.

Auch beim Mais können mit Hilfe industriemäßiger Horizontalsiloverfahren 10 bis 15 Prozent der bisher üblichen Energieverluste eingespart werden.

Dieses Ergebnis ist vor allem auf die Verminderung der Randverluste infolge des geringeren Anteils der freien Futterstapeloberfläche und der wirkungsvolleren Isolierung des eingelagerten Guts zurückzuführen. Es ist ökonomisch von außerordentlicher Bedeutung, da jede Verlustsenkung einer Ertragssteigerung gleichkommt. Das bedeutet, daß bei Anwendung industriemäßiger Verfahren der Silierung zur Gewinnung der gleichen Energiemenge 8 bis 15 Prozent Futteranbaufläche weniger erforderlich sind als bisher. Die freigesetzte Fläche kann für die Steigerung des Futteraufkommens oder für die pflanzliche Marktproduktion genutzt werden.

Besonders hervorzuheben ist die mit monolithischen Hochsilos erzielbare Verlustsenkung. Sie ist bei schwer vergärbarem Futter, wie Gras, Klee, Luzerne und deren Gemischen, am höchsten und weist auf die besondere Eignung solcher Behälter für die Welksilierung hin.

### Kosten der Ernte und Silierung und Produktionsselbstkosten

Hochsilos erfordern allerdings wesentlich höhere Investitionen und verursachen demzufolge auch höhere Grundmittel-

kosten als Horizontalsilos (Tafel 3). Das kommt in den Verfahrenskosten deutlich zum Ausdruck. Für die Ernte und Silierung von 1 dt Welksilage werden beim industriemäßigen Horizontalsiloverfahren etwa 5,60 M, beim Hochsiloverfahren dagegen etwa 6,70 M, d. h. 20 Prozent mehr verbraucht. Der Vergleich mit den Produktionsselbstkosten zeigt jedoch, daß die Betrachtung einzelner Produktionsabschnitte für die ökonomische Beurteilung der Verfahren nicht ausreicht. Die Höhe der Verluste beeinflusst nämlich auch die Kosten des Futteranbaus je dt Silage, so daß sich die Mehrkosten des verlustärmeren Hochsiloverfahrens bei Einbeziehung der Anbaukosten auf 0,80 M/dt Welksilage bzw. 8 Prozent verringern. Dieser Mehraufwand ist in Anbetracht der Verlusteinsparung, die mit Hilfe der Hochsilos zu erzielen ist, durchaus zu vertreten.

Insgesamt kann festgestellt werden, daß sich die Kosten der Welksilageproduktion durch den Übergang zu industriemäßigen Verfahren der Ernte und Silierung in Hoch- und Horizontalsilos um etwa 7 bis 13 Prozent senken lassen.

Diese Feststellung gilt bei der Maissilierung (Tafel 4) nur für das Horizontalsiloverfahren. Der Einsatz von Hochsilos verursacht hier sogar höhere Kosten als das herkömmliche Verfahren. Das ist in erster Linie auf das unterschiedliche Verhältnis der Lagerungsdichten zwischen den beiden Siloformen bei Welk- und Maissilage zurückzuführen. Während im Hochsilo je m<sup>3</sup> Nutzraum 23 Prozent mehr Welksilage gewonnen werden kann als im Horizontalsilo, sind es bei Maissilage nur 5 Prozent. Dieses Verhältnis reicht nicht aus, um die höheren Kosten des Hochsiloverfahrens auszugleichen. Hochsilos sollten deshalb vorzugsweise für die Welksilagebereitung genutzt werden.

Tafel 4. Kosten der Maissilageproduktion (Orientierungswerte)

| Variante<br>Nr. | Verfahrenskosten<br>der Ernte und<br>Silierung |      | Produktions-<br>selbstkosten |       |
|-----------------|--|------|------------------------------|-------|
|                 | M/dt Silage                                    | rel. | M/dt Silage                  | rel.  |
| 1               | 2,00   | 80   | 4,50                         | 88    |
| 2               | 2,20   | 88   | 4,70                         | 92    |
| (3)             | 3,00   | 120  | 5,40                         | (106) |
| 4               | 2,50   | 100  | 5,10                         | 100   |

Tafel 5. Bedarf an lebendiger Arbeit für die Welksilageproduktion

| Variante<br>Nr. | Ernte und Silierung |      | insgesamt |      |
|-----------------|---------------------|------|-----------|------|
|                 | A Kh/ha             | rel. | A Kh/ha   | rel. |
| 1               | 21,6                | 48   | 27,2      | 53   |
| 3               | 20,6                | 45   | 26,2      | 51   |
| 4               | 45,4                | 100  | 51,0      | 100  |

Tafel 6. Bedarf an lebendiger Arbeit für die Maissilageproduktion

| Variante<br>Nr. | Ernte und Silierung |      | insgesamt |      |
|-----------------|---------------------|------|-----------|------|
|                 | A Kh/ha             | rel. | A Kh/ha   | rel. |
| 1, 2            | 17,0                | 66   | 23,8      | 73   |
| 4               | 25,6                | 100  | 32,4      | 100  |

Tafel 7. Ökonomische Parameter der Welk- und Maissilageproduktion

| Variante<br>Nr. | Nettoertrag<br>(40-t FM/ha)<br>kEFr/ha | Produktions-<br>selbstkosten<br>M/kEFr | Arbeitszeit-<br>bedarf<br>AKh/MEFr |
|-----------------|--|--|------------------------------------|
|                 |  |  |                                    |
| <i>Welkgut</i>  |  |  |                                    |
| 1               | 3390                                   | 0,48                                   | 8,0                                |
| 3               | 3660                                   | 0,51                                   | 7,2                                |
| 4               | 3200                                   | 0,56                                   | 15,9                               |
| <i>Silomais</i> |  |  |                                    |
| 1               | 3510                                   | 0,41                                   | 6,8                                |
| 2               | 3510                                   | 0,42                                   | 6,8                                |
| 4               | 3320                                   | 0,46                                   | 9,8                                |

#### Bedarf an lebendiger Arbeit

Am deutlichsten treten die Vorteile der industriemäßigen Silageproduktion bei der Betrachtung des Bedarfs an lebendiger Arbeit zutage (Tafel 5). Das trifft besonders für die Gewinnung von Welksilage zu. Hier beträgt die Senkung des Arbeitsaufwands je ha rund 50 Prozent. Davon entfallen etwa zwei Drittel auf die Ernte. Sie resultieren aus der Ablösung der alten Erntetechnik durch das neue Maschinensystem für die Halmfütterernte und aus der Einführung schnellerer Transporteinheiten mit höherer Lademasse. Der Rückgang des Arbeitszeitbedarfs für die Silierung ergibt sich aus der Erhöhung der Einlagerungsleistungen bei gleichbleibendem bzw. — im Falle des Hochsilos — vermindertem Einsatz von Arbeitskräften.

Bei der Produktion von Maissilage (Tafel 6) geht mit dem Übergang zu industriemäßigen Verfahren der Arbeitszeitbedarf für die Ernte und Silierung um ein Drittel und insgesamt um ein Viertel zurück. Dabei ist es ohne Belang, ob der Mais von der Silosohle oder von Hochstraßen aus eingelagert wird. Ernte und Silierung sind zu etwa gleichen Teilen an der Senkung des Arbeitszeitbedarfs beteiligt.

Besonders hervorzuheben ist, daß die Substitution der lebendigen durch vergegenständlichte Arbeit bei der Ernte und Silierung die Silageproduktion nicht verteuert, sondern im Gegenteil verbilligt, wie aus den Tafeln 3 und 4 hervorgeht.

In einem Gesamtvergleich (Tafel 7) werden Nettoertrag, Produktionsselbstkosten und Arbeitszeitbedarf der untersuchten Verfahrensvarianten der Welk- und Maissilageproduktion gegenübergestellt. Da sich Welksilage und Maissilage im Trockensubstanzgehalt und in der Energiekonzentration unterscheiden, wird für diese Größen die Energetische Futtereinheit Rind (EFr) als einheitliche Bezugsbasis verwendet. Alle Angaben gelten für Erträge von 400 dt Grünmasse je ha. Dabei ist für das Futter zur Welksilierung eine Verteilung auf 3 Schnitte unterstellt.

Die Ergebnisse lassen deutlich erkennen, daß die Einführung industriemäßiger Verfahren der Ernte und Silierung bei welkfähigem Halmfutter und bei Silomais, die zusammen etwa 75 Prozent des volkswirtschaftlichen Aufkommens an Grünfuttersilagen stellen, sowohl eine Steigerung

des Nettoenergieertrags als auch eine Senkung der Produktionselbstkosten und des Bedarfs an lebendiger Arbeit zur Folge hat.

Besonders wirkungsvoll ist der Einsatz von monolithischen Hochsiloplanzen für die Welksilageproduktion. Liefern die welkfähigen Futterpflanzen bei herkömmlicher Silierung im allgemeinen Nettoerträge, die unter denen des Silomaises liegen, so läßt sich dieses Verhältnis durch den Übergang zum Hochsiloverfahren umkehren. Gleichzeitig geht der Arbeitszeitbedarf mit Hilfe dieser Maßnahmen um mehr als die Hälfte zurück und liegt damit in der gleichen Größenordnung wie bei der industriemäßigen Produktion von Maissilage. Die erzielbare Kostensenkung, etwa 10 Prozent ist mit dem Effekt industriemäßiger Verfahren der Maisernte und -silierung vergleichbar.

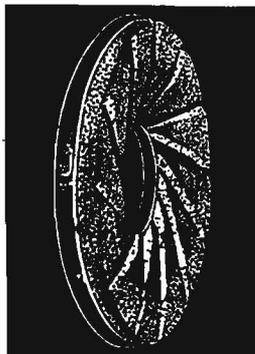
#### Schlußfolgerungen

Aus ökonomischer Sicht erscheint es deshalb zweckmäßig, in grundlandreichen Gebieten und auf Standorten mit starkem Feldgras-, Klee- oder Luzerneanbau vorrangig Hochsilos für die Welksilageproduktion zu errichten. In Anbetracht der begrenzten Produktionskapazität für diese Behälter verdienen dabei diejenigen Standorte den Vorzug, wo die Vorteile der vollmechanisierten Silageentnahme und -förderung für die Versorgung von Großanlagen der Rinderproduktion genutzt werden können.

Für die Produktion von Mais- und anderen Frischsilagen sollten Horizontalsilos errichtet werden, die die Anwendung industriemäßiger Bewirtschaftungsverfahren zulassen. Sie sind im Bedarfsfall auch für die Welksilageproduktion nutzbar.

A 9203

# ORANO



**Mühlensleine  
in allen Größen  
Rationell**

durch weiches Herzstück  
Vorschrotbahn  
Feinmahlbahn und  
halbweichen Luftfurchen

**Deshalb der  
Schrotstein von  
höchster Wirtschaftlichkeit**

Referenzen stehen zur Einsicht zur Verfügung.

Rechtzeitige Bestellung sichert baldige Erledigung  
Ihres Auftrages.

**Neu: Hartvermahlungsstein mit weichen Furchen und  
mit weichem Herz**

Reparatur und Herstellung

**ORANO-MUHLNBAU**

**Norbert Zwingmann, Mühlenbaumeister  
5821 Thamsbrück (Thüringen)**

Telefon: Bad Langensalza 28 14