

#### 4. Schlußfolgerungen

Aus durchgeführten Rechnungen zur Transportoptimierung in drei Pflanzenproduktionsbetrieben lassen sich einige grobe Richtwerte für die Einzugsgebiete von Lagern für verschiedene Gutarten ableiten. Für die Lagerung von Silage, Kartoffeln, Zuckerrüben, Mineraldünger und Getreide ergeben sich Einzugsgebiete von rd. 1000 ha. Die jeweilige Anbaufläche der Gutarten hängt vom Anbauanteil im Einzugsgebiet ab. Im günstigsten Fall stellt das Einzugsgebiet einen territorial zusammenhängenden Fruchtfolge-Rotationsbereich dar. Stroh und Stallung sind direkt an den jeweiligen Ernte- oder Applikations-Schlägen bzw. Schlagkomplexen zu lagern.

Die ermittelten übereinstimmenden Einzugsgebiete für die genannten Gutarten unterstützen die Bestrebungen, feldnahe Lager für mehrere Gutarten als Ergänzung zu den bereits vorhandenen Lagern zu konzipieren.

Eine weitere Möglichkeit zur Anwendung der Transportoptimierung bei ausreichend vorhandenen Lagerkapazitäten im Betrieb besteht in der Auswahl der Variante der Fruchtfolgegestaltung oder Anbauplanung mit dem geringsten Transportaufwand.

#### 5. Zusammenfassung

Mit den Methoden der Materialflußanalyse und der Transportoptimierung und deren Anwendungsmöglichkeiten wurden Hilfsmittel zur Entscheidung bei der Standortwahl für neue Lager, Zwischenlager oder Umschlagplätze sowie für die Kapazitätsbemessung von Lagern vorgestellt.

Die gründliche Vorbereitung optimaler Lagerstandorte und -kapazität trägt dazu bei, Investitionen rationell zu nutzen, Transportkapazität und Dieselkraftstoff einzusparen. Es kann empfohlen werden, die Optimierungsrechnungen zur Standortfestlegung und Kapazitätsbemessung in den VEB Datenverarbeitungszentrum durchführen zu lassen.

#### Literatur

- [1] Badewitz, S.: Mathematische Optimierung in der sozialistischen Landwirtschaft aus ökonomisch-technologischer Sicht. Berlin: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag 1978.
- [2] Klenke, J.; Meißner, C.: Studienmaterial zur Transportoptimierung und ihre Anwendung in der Landwirtschaft. Institut für Ausbildung und Qualifizierung beim Ministerium für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft, Brieselang 1974.

- [3] Rationalisierung des Materialflusses. Technische Universität Dresden, Sektion Kfz-, Land- und Fördertechnik, Bereich Fördertechnik, 1971 (unveröffentlicht).
- [4] Empfehlungen zur Bewirtschaftung von Horizontalsilos und Hinweise zur Standortbestimmung beim Aufbau von Siloanlagen und zur Festlegung des erforderlichen Siloraums. Institut für Futterproduktion Paulinenaue, 1979.
- [5] Programmpaket DISKO für die Lösung von Problemen der diskreten Optimierung. Systemunterlagendokumentation E0031, VEB Kombinat Robotron, Dresden 1978.
- [6] Müller-Welde, H.; Lorenz, H.: Standortbestimmung für großvolumige Horizontalsilos in Betrieben der Pflanzenproduktion. Feldwirtschaft 17 (1976) H. 8, S. 375—378.
- [7] Baganz, K.: Programmbeschreibung zum Programm TRZ (Zweistufige Transportoptimierung). FZM Schlieben/Bornim, Januar 1979 (unveröffentlicht).
- [8] Cornelius, E.: Die Transportoptimierung im sozialistischen Landwirtschaftsbetrieb. Markkleeberg: Landwirtschaftsausstellung der DDR 1966, S. 62.

A 2751

## Stoffkennwerte und Lagerverhalten von Mais-Stroh-Siliergut bei der Konservierung in Hochsilos

Dr.-Ing. C. Füll, KDT/Dipl.-Ing. V. Scholz,

Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

### 1. Problemstellung

Beim Silieren von Mais in Hoch- und Horizontalsilos entsteht kurze Zeit nach dem Füllen Gärtsaft. Die Ursachen dieses Vorgangs liegen im Absterben der Pflanzenzellen und in der Wasserbildung beim Nährstoffabbau während der Gärung. Der Gärtsaft enthält nach Untersuchungen von Peters und Weißbach [1] große Mengen organischer Substanz, die beim unkontrollierten Abfließen oder gezielten Beseitigen Nährstoffverluste darstellen. Ein Verbleiben des Gärtsaftes im Futter ist nicht erwünscht, weil dadurch die Futterqualität negativ beeinflusst wird [1].

Aus technischer Sicht muß das Austreten von Gärtsaft verhindert werden, weil die darin enthaltenen aggressiven Säuren Korrosionsschäden an Beton und Stahl hervorrufen. Dadurch wird die geplante Lebensdauer der Silos in beträchtlichem Maß verkürzt.

Unkontrolliert in das Erdreich abfließender Gärtsaft führt zur Verschmutzung des Grundwassers und ist eine Belastung der Umwelt.

Eine Lösung des Gesamtproblems ist möglich, wenn durch Einmischen von Stroh der aus dem Mais austretende Gärtsaft sofort gebunden wird. Außerdem stellt diese Art der Strohverwertung das Konservierungsverfahren mit den geringsten Verfahrenskosten dar [2]. Über die Verfahrensgestaltung und Ergebnisse der Mais-Stroh-Silierung wurde bereits berichtet [3, 4].

### 2. Aufgabenstellung für Labor- und Praxisversuche

Erkenntnisse zum Lagerverhalten werden vor allem durch das Bestimmen der Kennwerte Schüttdichte, Lagerungsdichte und Saftaustritt gewonnen. Diese drei Größen sind abhängige

Variable der unabhängigen Variablen Trockensubstanzgehalt von Mais und Stroh, Strohanteil, Häcksellänge, Reifestadium, Lagerungshöhe und Lagerungsdauer. Das vollständige Erfassen der Gesamtzusammenhänge ist in Praxisversuchen allein durch die notwendige große Versuchsanzahl nicht möglich. Deshalb müssen Labor- und Praxisversuche mit folgender Ziel- und Aufgabenstellung durchgeführt werden:

— In Laborversuchen sind die Kennwerte der physikalischen Größen Schüttdichte und Lagerungsdichte sowie des Saftaustritts von Mais-Stroh-Siliergut in Abhängigkeit von Trockensubstanzgehalt, Masseanteil, Häcksellänge, Lagerungshöhe und Lagerungsdauer zu bestimmen.

— In Praxisversuchen sind die labormäßig bestimmten Zusammenhänge in natürlich begrenztem Maß zu überprüfen, so daß Schlußfolgerungen für das Anwenden der Laborergebnisse getroffen werden können.

### 3. Versuchsdurchführung und -ergebnisse

#### 3.1. Schüttdichte

Die Schüttdichte wird in einem zylindrischen Behälter mit dem Volumen  $V = 0,125 \text{ m}^3$  bestimmt. Um die Randeinflüsse zu minimieren, beträgt das Verhältnis von Behälterdurchmesser zur Behälterhöhe 1:1.

Der Schüttdichtebetrag ist bei konstanten Trockensubstanzgehalten von Mais  $\text{Tr}_M = 16,0\%$  und Stroh  $\text{Tr}_S = 67,0\%$  sowie bei konstanter Häcksellängenverteilung vom Strohmasseanteil  $k$  abhängig (Bild 1). Neben dem Strohmasseanteil beeinflusst vor allem der mittlere Trockensubstanzgehalt des

Mais-Stroh-Siliergutes die Schüttdichte (Bild 2). Aufgrund der unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften von Mais und Stroh vergrößern sich die Schüttdichtebeträge bei konstantem Strohanteil und konstanter Häcksellängenverteilung mit zunehmendem mittleren Trockensubstanzgehalt linear. Die Ergebnisse können durch folgende Regressionsgleichung ausgedrückt werden:

$$\rho_{\text{STr}} = 2,61 \cdot 10^{-2} [k \text{Tr}_S + (100 - k) \text{Tr}_M] - 1,61 k - 7,83 ;$$

Bestimmtheitsmaß  $B^* = 0,90$

Gültigkeitsbereiche:

Strohmasseanteil  $k = 0 \dots 20\%$

Trockensubstanzgehalt von Mais

$\text{Tr}_M = 15 \dots 21\%$

Trockensubstanzgehalt von Stroh

$\text{Tr}_S = 45 \dots 90\%$ .

Nach dieser Gleichung vergrößert sich bei einem Trockensubstanzgehalt von Mais  $\text{Tr}_M = 16\%$  die Trockensubstanzschüttdichte  $\rho_{\text{STr}}$  des Mais-Stroh-Siliergutes linear mit zunehmendem Strohmasseanteil  $k$ , wenn der Trockensubstanzgehalt der Strohkomponente  $\text{Tr}_S > 77,6\%$  ist. Aus der Sicht der praktischen Anwendung sind deshalb möglichst hohe Trockensubstanzgehalte des Strohs anzustreben.

#### 3.2. Lagerungsdichte

Laborversuche ermöglichen eine gezielte Untersuchung des Einflusses einzelner Stoffkenngrößen auf die Lagerungsdichte während der Silierdauer. Als Voraussetzung für das Berechnen der Lagerungsdichte in Silos müssen in

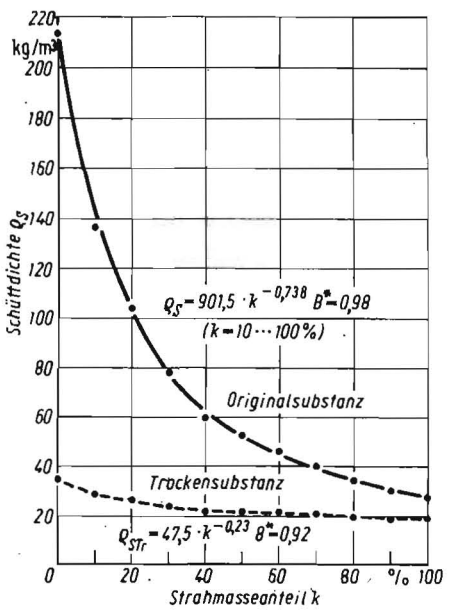


Bild 1. Schüttdichte von Mais-Stroh-Siliegut in Abhängigkeit vom Strohmasseanteil

	Mais	Stroh
Häcksellängenverteilung:		
< 40 mm	84,2 %	45,3 %
40 ... 100 mm	13,5 %	35,3 %
> 100 mm	2,3 %	19,4 %
Trockensubstanzgehalt	16,0 %	67,0 %

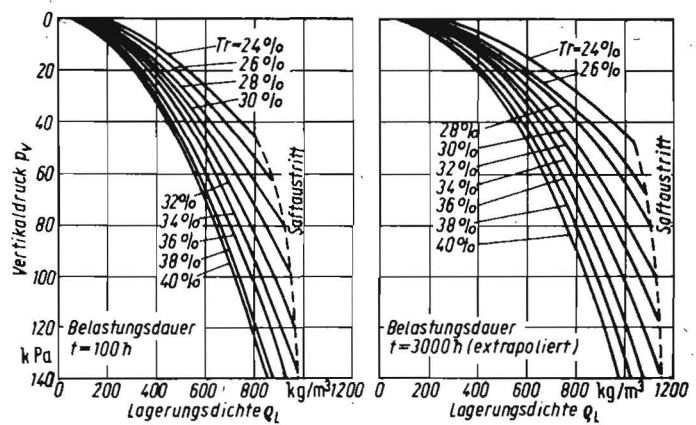


Bild 3. Grundzusammenhang zwischen Vertikaldruck und Lagerungsdichte von Mais-Stroh-Siliegut

	Mais	Stroh
Häcksellängenverteilung:		
< 40 mm	33,0 %	40,0 %
40 ... 100 mm	42,8 %	16,7 %
> 100 mm	24,2 %	43,3 %
Trockensubstanzgehalt	17,8 %	84,0 %

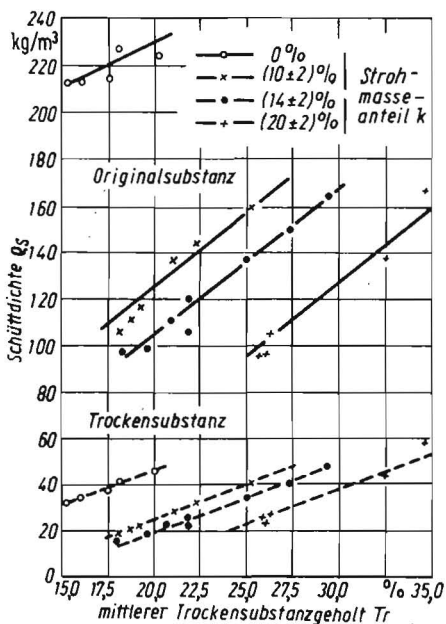
Preßtopfversuchen die Stoffgesetze zwischen Lagerungsdichte  $\rho_L$ , Vertikaldruck  $p_v$  und Belastungsdauer  $t$  ermittelt werden. Um die Anzahl der Versuche einzuschränken, bleiben in den durchgeführten Untersuchungen die Häcksellängenzusammensetzungen und die Trockensubstanzgehalte von Mais und Stroh konstant. Es wurden nur der Strohmasseanteil variiert und sein Einfluß bzw. der Einfluß des mittleren Trockensubstanzgehalts von Mais-Stroh-Siliegut auf die Lagerungsdichte ermittelt. Die Versuchsdauer betrug jeweils 7 Tage. In dieser Zeit war die Gärung nahezu abgeschlossen.

Für konstante Belastungszeiten verläuft das Stoffgesetz zwischen Lagerungsdichte  $\rho_L$  und Vertikaldruck  $p_v$  nach einem Potenzgesetz:

$$\rho_L = C p_v^m$$

Die Konstanten  $C$  und  $m$  sind vom Trok-

Bild 2. Schüttdichte von Mais-Stroh-Siliegut in Abhängigkeit vom mittleren Trockensubstanzgehalt des Gemisches und vom Strohmasseanteil



kensubstanzgehalt abhängig. Bei gleichen Vertikaldrücken vergrößert sich die Lagerungsdichte mit abnehmendem Trockensubstanzgehalt des Mais-Stroh-Siliegutes progressiv (Bild 3). Der Zusammenhang für die Belastungsdauer  $t = 3000$  h ist extrapoliert. Es ist anzunehmen, daß die Erhöhung der Lagerungsdichte im Zeitraum von  $t = 100$  h bis  $t = 3000$  h in der Praxis um rd. 3 bis 5 % geringer ist.

Das Bestimmen der Lagerungsdichte aus Ergebnissen von Preßtopfversuchen ist gegenwärtig nur für Siliegüter ohne Saftaustritt während des Lagerns möglich. Alle Funktionen sind deshalb nur bis zum Grenzbereich des Saftaustritts angegeben (Bild 3).

Die Lagerungsdichte des Mais-Stroh-Siliegutes in Abhängigkeit vom Abstand zum Füllgutspiegel wird aus der Differentialgleichung für den Vertikaldruckverlauf und dem jeweils geltenden Stoffgesetz errechnet. Die Berechnungsmethode ist ausführlich in [5] beschrieben. Als Randbedingung gilt die Annahme, daß die Lagerungsdichte an der Füllgutoberfläche gleich der ermittelten Schüttdichte des Mais-Stroh-Siliegutes ist. Diese Schüttdichtewerte sind gegenüber denen von abgelagerter Silage mit Sicherheit geringer. Dadurch liefern die berechneten Lagerungsdichteverläufe vor allem unmittelbar unter der Füllgutoberfläche zu kleine Werte. In tieferen Schichten ist dieser Einfluß jedoch gering, so daß die berechneten Lagerungsdichteverläufe auf jeden Fall eine sinnvolle Ergänzung zu den nur mit großem Aufwand erzielbaren Praxisergebnissen darstellen (Bilder 4 und 5).

Im Praxisversuch wird die mittlere Lagerungsdichte des Mais-Stroh-Siliegutes im Hochsilo aus der eingelagerten Masse und dem zum jeweiligen Zeitpunkt eingenommenen Volumen errechnet. Da es bei den durchgeführten Untersuchungen nicht vollständig möglich war, den optimalen Trockensubstanzgehalt einzuhalten, sind geringe und unbedeutende Gärmasse abgeflissen. Es können deshalb nur Grenzwerte angegeben werden:

Trockensubstanzgehalt des Mais-Stroh-Siliegutes	20,1 %	25,1 %
Füllhöhe nach		

10tägiger Fülldauer 21,0 m 12,0 m

mittlere Lagerungsdichte nach 10tägiger Fülldauer  $< 930 \text{ kg/m}^3 \leq 660 \text{ kg/m}^3$ .

Ein Vergleich zu den Laborergebnissen ist nur bei dem Mais-Stroh-Siliegut mit einem Trockensubstanzgehalt von  $Tr_G = 25,1\%$  möglich. Der praktisch ermittelte Wert von  $\leq 660 \text{ kg/m}^3$  liegt zwischen den berechneten Werten der mittleren Lagerungsdichte von  $\rho_{Lm} = 600 \text{ kg/m}^3$  nach Füllende (4 Tage Befülldauer) und  $\rho_{Lm} = 750 \text{ kg/m}^3$  nach dem Absetzen (3000 h Lagerdauer).

### 3.3. Saftaustritt

Zur Bestimmung des Saftaustritts beim Konservieren von Mais-Stroh-Siliegut in Abhängigkeit vom Trockensubstanzgehalt des Gemisches und vom einwirkenden Vertikaldruck wurden ebenfalls Preßtopfversuche mit einer Versuchsdauer von 7 Tagen durchgeführt. In dieser Zeit ist die Hauptgärphase abgeschlossen. Das verwendete Stroh hatte Trockensubstanzgehalte von  $Tr_S = 81 \dots 86\%$ , und der Mais lag im Trockensubstanzbereich  $Tr_M = 17\% \dots 26\%$ . Unterschiedliche Trockensubstanzgehalte des Mais-Stroh-Gemisches wurden vor allem durch Variation des Strohmasseanteils hergestellt. Aus den Laborversuchen läßt sich als Ergebnis ableiten, daß im Vertikaldruckbereich bis  $p_v = 130 \text{ kPa}$  bei Trockensubstanzgehalten des Mais-Stroh-Siliegutes  $Tr_G > 33\%$  kein Saft austritt, wenn die folgende Häcksellängenverteilung nicht unterschritten wird (Bild 6):

	Mais	Stroh
< 40 mm	33,0 %	40,0 %
40 ... 100 mm	42,8 %	16,7 %
> 100 mm	24,3 %	43,3 %

Bereits bei einem Vertikaldruck von  $p_v = 100 \text{ kPa}$  tritt bei diesem Trockensubstanzgehalt  $Tr_G = 33\%$  Saft aus, wenn die Mais-Häcksellänge extrem kurz ist, so daß folgende Längenverteilung vorliegt (Bild 6):

	Mais	Stroh
< 40 mm	89,3 %	40,0 %
40 ... 100 mm	8,5 %	16,7 %
> 100 mm	2,2 %	43,3 %

Die ermittelte Grenzkurve liegt bis zu einem Trockensubstanzgehalt von  $Tr_G = 30,2\%$  über

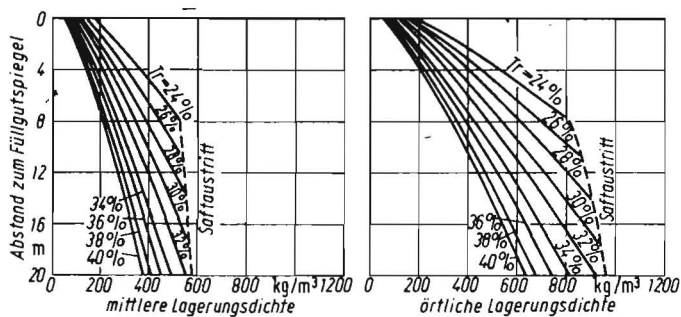


Bild 4. Verlauf der mittleren und örtlichen Lagerungsdichte von Mais-Stroh-Siliergut unmittelbar nach dem Einlagern (Fülldauer 4 Tage)

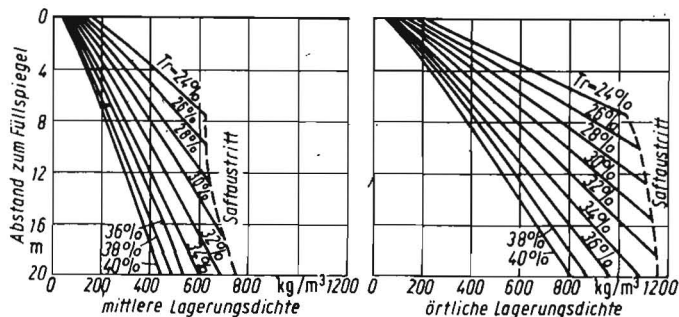


Bild 5. Verlauf der mittleren und örtlichen Lagerungsdichte von Mais-Stroh-Siliergut nach dem Absetzen (Lagerdauer 4,5 Monate)

der von Peters [6] angegebenen (Bild 7). Im Praxisversuch ist die Grenze des Saftaustritts nicht vollständig exakt bestimmbar. Es kann deshalb nur ein Grenzbereich angegeben werden (Bild 7).

#### 4. Schlußfolgerungen für die Anwendung der Ergebnisse in der Praxis

Saftaustritt kann beim Konservieren von Mais-Stroh-Siliergut mit Sicherheit verhindert werden, wenn im Vertikaldruckbereich bis  $p_v = 100 \text{ kPa}$  die Grenzcurve nach Peters [6] und

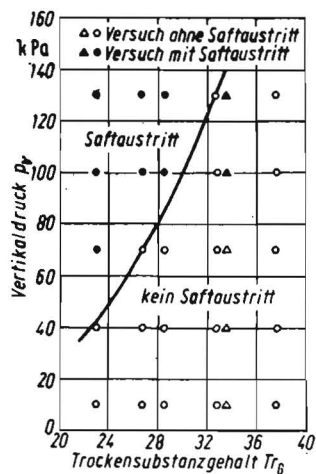


Bild 6. Grenzfunktion des Saftaustritts in Abhängigkeit von Vertikaldruck und Trockensubstanzgehalt des Mais-Stroh-Siliergutes (Ergebnisse aus Laborversuchen)

darüber die hier in Laborversuchen ermittelte Grenzcurve zugrunde gelegt werden.

Um maximale Lagerungsdichten zu erreichen und dabei auch den Saftaustritt zu vermeiden, ist es notwendig, den Trockensubstanzgehalt des Mais-Stroh-Siliergutes während des Befüllens zu verändern. Trockensubstanzreiches Gut muß zuerst und trocken-substanzarmes Gut zuletzt eingelagert werden. Bei einer kontinuierlichen Staffelung des Trockensubstanzgehalts ist bei einer Füllhöhe von 20 m eine mittlere Lagerungsdichte von  $750 \text{ kg/m}^3$  unmittelbar nach Füllende erreichbar. Durch den Absetzvorgang erhöht sie sich auf  $870 \text{ kg/m}^3$  (Bild 8). Im einzelnen sind in Abhängigkeit vom Behälterquerschnitt A Siliergutmassen m mit folgenden Trockensubstanzgehalten nacheinander in das Silo einzulagern:

$Tr_G = 30 \dots 32\%$ :	$m = 5,30 \text{ A}$
$Tr_G = 28 \dots 30\%$ :	$m = 2,05 \text{ A}$
$Tr_G = 26 \dots 28\%$ :	$m = 1,87 \text{ A}$
$Tr_G = 24 \dots 26\%$ :	$m = 1,60 \text{ A}$
$Tr_G = 24\%$ :	$m = 3,80 \text{ A}$

Masse m in t  
Siloquerschnitt A in  $\text{m}^2$ .

Soll aus Bewirtschaftungsgründen der Trockensubstanzgehalt des Mais-Stroh-Siliergutes konstant gehalten werden, ist auf einen mittleren Wert  $Tr_G \cong 32\%$  zu orientieren.

#### 5. Zusammenfassung

Beim Konservieren von Mais entsteht Gärsaft, der aus gärbilogischer und technischer Sicht vermieden werden muß. Er kann durch die Zugabe von Stroh vollständig gebunden werden. Aus durchgeführten Untersuchungen unter Labor- und Praxisbedingungen werden folgende Ergebnisse abgeleitet:

- Um hohe Trockensubstanz- und Schüttdichtewerte des Mais-Stroh-Siliergutes zu erhalten, muß der Trockensubstanzgehalt der Strohkomponente  $Tr_S > 80,0\%$  sein.
- Zwischen berechneten und im Praxisversuch gemessenen mittleren Lagerungsdichten besteht eine gute Übereinstimmung.
- Der Saftaustritt hängt vor allem vom Trockensubstanzgehalt des Mais-Stroh-Siliergutes und von der Höhe des einwirkenden Vertikaldrucks ab. Bei Werten von  $Tr_G > 34\%$  ist nicht mehr mit dem Austritt von Gärssaft zu rechnen.
- Maximale Lagerungsdichten werden erreicht, wenn die Trockensubstanzgehalte beim Füllen gestaffelt werden. Unter diesen Umständen sind mittlere Lagerungsdichten von  $750 \text{ kg/m}^3$  nach dem Füllen und  $870 \text{ kg/m}^3$  nach dem Absetzen erreichbar. Ist aus Bewirtschaftungsgründen eine Staffelung nicht möglich, ist auf Trockensubstanzgehalte des Mais-Stroh-Siliergutes von  $Tr_G \cong 32\%$  zu orientieren.

#### Literatur

- [1] Peters, G., Weißbach, F.: Wieviel Sickersaft entsteht bei der Grünfuttersilierung und wohin mit ihm? *Feldwirtschaft* 16 (1975) H. 7, S. 318—321.
- [2] Fülll, C., u. a.: Mechanisierungslösungen für das Herstellen von Trockenfutter mit Strohanteil in loser und kompakter Form. FZM Schlieben/Bornim, Forschungsbericht 1979 (unveröffentlicht).
- [3] Wenske, E.: Verfahren zur gemeinsamen Silierung von Mais und Stroh in Hochsilos HS 25-M. *agrar-technik* 29 (1979) H. 10, S. 442—445.

Fortsetzung auf Seite 363

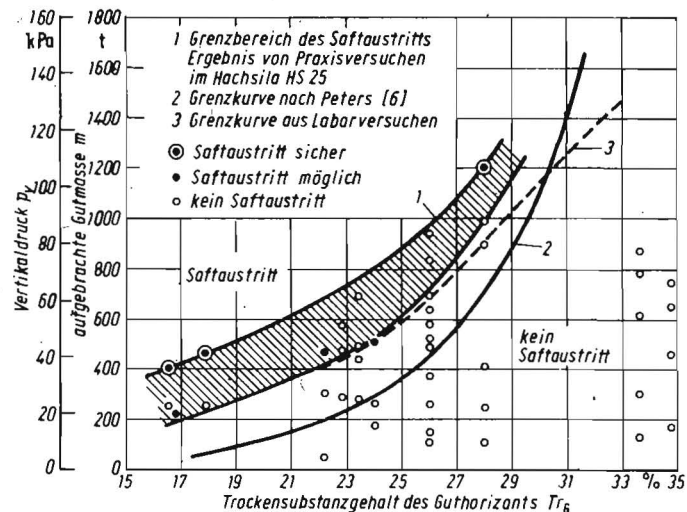
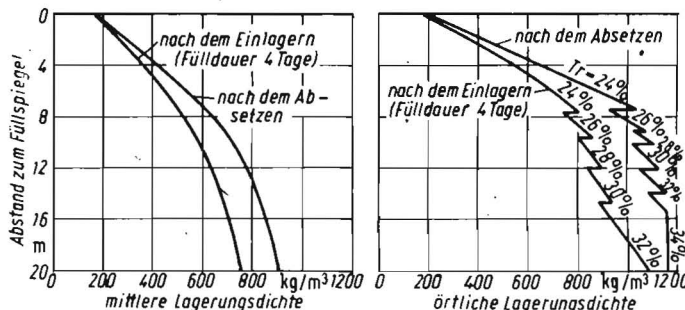


Bild 7. Vergleich von praktisch und labormäßig ermittelten Grenzfunktionen des Saftaustritts

Bild 8. Verlauf der maximal möglichen Lagerungsdichten von Mais-Stroh-Siliergut unter der Bedingung, daß kein Saft austritt





# Zur Gutzuführung in Halmgutzerkleinerungsmaschinen

Dipl.-Ing. M. Bookholdt, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

## 1. Problemstellung

In der Aufgabenstellung des IX. Parteitages der SED an die sozialistische Landwirtschaft wird hervorgehoben, daß vor allem die Produktion und die Aufbereitung von Halmfutter von entscheidender Bedeutung für die bedarfs- und qualitätsgerechte Bereitstellung von Futtermitteln zur Steigerung des tierischen Leistungsvermögens sind [1].

Ausgehend von der daraus abzuleitenden Forderung nach Steigerung der Leistungsparameter von Halmgutzerkleinerungsmaschinen gewinnt neben der Neuentwicklung von Zerkleinerungsprinzipien die weitere Optimierung der derzeit eingesetzten Prinzipie zunehmend an Bedeutung.

Die Orientierung auf steigende Durchsätze bei gleichzeitiger Verbesserung der Häckselqualität sowie die Forderung nach Senkung des Energiebedarfs stellen in immer stärkerem Maß höhere Anforderungen an die konstruktive Gestaltung der Gutzuführsysteme in Halmgutzerkleinerungsmaschinen.

Systematische theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Optimierung bekannter Prinzipie und die Entwicklung neuer Lösungen der Gutzuführung in Halmgutzerkleinerungsmaschinen stellen die Möglichkeiten dar, den steigenden Anforderungen der Praxis gerecht zu werden. Dabei sind die Gutzuführung und der Zerkleinerungsvorgang als Einheit zu betrachten, d. h. Untersuchungen zur Optimierung bzw. Neuentwicklung von Prinzipien der Gutzuführung sind nur dann sinnvoll, wenn sie die unmittelbaren Wechselbeziehungen zwischen Gutzuführung und Zerkleinerungsvorgang berücksichtigen. Im vorliegenden Beitrag sollen, ausgehend von den Anforderungen an Gutzuführsysteme, der Stand der Technik sowie einige Entwicklungstendenzen der konstruktiven Gestaltung von Gutzuführsystemen dargestellt werden.

## 2. Anforderungen an Gutzuführsysteme

Die Aufgabe von Gutzuführsystemen besteht darin, das zu zerkleinernde Halmgut vom Adapter der Maschine zu übernehmen und den Schneidelementen über spezielle Förder-, Zuführ- und Preßorgane zuzuführen. Durch einen Zuführkanal und durch ein- oder mehrstufig wirkende Förder- und Preßorgane entsteht ein

kompakter Gutstrang, der Voraussetzung für einen exakten Schnitt ist. Gutzuführsysteme sind demnach technische Systeme, die folgende Teilaufgaben realisieren müssen:

- Gutübernahme vom Adapter
- Gutförderung
- Gutverdichtung.

Für die Zerkleinerung von Halmgut sind verschiedene Bauarten von Häckslern bekannt, die sich nach unterschiedlichen Gesichtspunkten systematisieren lassen. Ordnet man die Häckslernach dem Grundprinzip der Gutzuführung, so kann folgende Systematisierung vorgenommen werden [2]:

- Maschinen mit Zwangzuführung des Halmgutes
- Maschinen ohne Zwangzuführung des Halmgutes.

Eine Zwangzuführung des Halmgutes ist dadurch charakterisiert, daß das zu zerkleinernde Halmgut während der Bewegung zu den Schneidelementen oder während des Schnittes seine Lage nicht oder nur unwesentlich ändern kann, d. h., das Halmgut wird den Schneidelementen als kompakter Halmgutstrang zugeführt. Bei Maschinen ohne Zwangzuführung finden Relativbewegungen zwischen den Halmen sowie zwischen den Halmen und den Schneidelementen statt.

Entsprechend dem Entwicklungsstand von Halmgutzerkleinerungsmaschinen und der Forderung nach Exakthäckseln hat sich die Zwangzuführung des Halmgutes grundsätzlich durchgesetzt.

Resultierend aus den ständig steigenden Forderungen an die Leistungsparameter von Halmgutzerkleinerungsmaschinen müssen die Systeme der Gutzuführung hinsichtlich ihrer konstruktiven Gestaltung perspektivisch folgenden Gesichtspunkten immer besser gerecht werden:

- Anpassung an steigende Durchsätze
- Senkung des Antriebsleistungsbedarfs
- Realisierung der erforderlichen Gutvorpresung zur Gestaltung optimaler Schnittbedingungen
- Eignung für alle Halmgutarten
- Vermeidung von Verstopfungen
- Senkung von Ernteverlusten
- Schutz der Schneidelemente vor mitgeführten Fremdkörpern.

## 3. Stand der Technik und Entwicklungstendenzen

Entsprechend der Aufgabe von Gutzuführsystemen ist in der Vergangenheit eine Reihe differenzierter konstruktiver Lösungen zur Anwendung gekommen. Als Arbeitselemente der Zwangzuführung des Halmgutes sind verschiedenartige Ausführungen von Zuführbändern sowie Zuführ- und Preßwalzen realisiert worden, die in Kombinationen angeordnet sind (Bild 1).

Die internationale Entwicklung der Gutzuführsysteme zeigt in den letzten Jahren besonders deutlich den Übergang von kombinierten Zuführsystemen (Bänder/Walzen) zu Walzenzuführsystemen. Die Trendentwicklung macht weiterhin eine Verringerung der Anzahl der Zuführorgane deutlich. Den Welthöchststand bestimmende Feldhäcksler verfügen heute über ein Zuführsystem, das meistens aus 4 bis 5

Zuführ- und Verdichtungsorganen besteht, wobei 4-Walzen-Zuführsysteme vorrangig zum Einsatz kommen. Der Einsatz von Walzen bringt generell eine Verkürzung des Zuführkanals mit sich. Verstopfungsgefahren und Wandreibrungsverluste werden dadurch reduziert.

Der Antrieb moderner 4-Walzen-Zuführsysteme erfolgt durch Schaltgetriebe, die einen Vor-, Leer- und Rücklauf der Walzen gestatten und auch während der Gutzuführung schaltbar sind. Die Variation der Zuführungsgeschwindigkeit (3 bis 6 Stufen) wird ebenfalls durch Schaltgetriebe bzw. durch Wechselräder ermöglicht, wobei Wechselräder noch eine weite Verbreitung finden, jedoch nicht den Stand der Technik bestimmen. Die Drehmomentenübertragung erfolgt durch Rollenketten, die zunehmend durch Gelenkwellen und hydrostatische Antriebe verdrängt werden. Zum Schutz der Antriebe vor Überlastung werden Rutschkupplungen oder Schnellstoppeinrichtungen eingesetzt.

Das Förder- und Verdichtungsvermögen der Arbeitselemente wird durch ihre konstruktive Ausführung wesentlich bestimmt. Vorpreßwalzen haben einen kreisförmigen, sechs- oder achteckigen Querschnitt, der mit stark profilierten Förderleisten versehen ist. Die Förderleisten sind vielfach an beiden Längskanten profiliert (gezahnt) und durch Schraubverbindungen wahlweise dem Einzugsverhalten verschiedener Halmgutarten anpaßbar (Bild 2). Übergabewalzen sind ähnlich gestaltet, haben jedoch unprofilierte Einzugsleisten. Der Durchmesser von Vorpreß- und Übergabewalzen liegt in der Größenordnung von 300 bis 400 mm.

Die obere Preßwalze ist ebenso wie die Übergabewalze mit Einzugsleisten versehen. Untere Preßwalzen sind fast ausschließlich als Glattwalzen (ohne Einzugsleisten) ausgebildet. Ihr Durchmesser (150 bis 190 mm) ist immer kleiner als der der Vorpreß- und Übergabewalzen. Zur Anpassung an die auftretenden Schwankungen der Höhe des Halmgutstranges sind die oberen Walzen pendelnd gelagert und federbelastet.

Um die nachteiligen Wirkungen der Auffächerung des Halmgutstranges in Grenzen zu halten, sind verschiedene konstruktive Lösungen bekannt, bei denen die obere Preßwalze am Häckseltrommelumfang geführt wird. Die derzeit eingesetzten Prinzipie der Preßwalzenaufhängung erfüllen diese Funktion nicht ausreichend.

Zur Reduzierung von Beschädigungen der Schneidelemente durch im Gutstrang mitgeführte Fremdkörper werden Sicherheitseinrichtungen (Bild 3) verwendet, die nach folgenden Grundprinzipien arbeiten:

- Gestaltung der Übergabewalze als fremdkörperselektierende Sternwalze
- Ortung von Fremdkörpern mit Hilfe mechanischer und elektronischer Systeme
- bei Fremdkörperwirkung ausweichbare Gegenschnide
- Scherstiftsicherungen.

An der Vervollkommenung bzw. Weiter- und Neuentwicklung von Sicherheitseinrichtungen wird gearbeitet.

Fortsetzung von Seite 362

- [4] Wenske, E.: Ergebnisse zur gemeinsame Silierung von Mais und Stroh in Hochsilos HS 25-M. agrartechnik 30 (1980) H. 4, S. 153—155.
- [5] Fürll, C.: Berechnen der Lagerungsdichten landwirtschaftlicher Halmgüter in Behältern. agrartechnik 23 (1973) H. 8, S. 370—373.
- [6] Peters, G., u. a.: Sickersaftbildung bei der Grünfuttersilierung in Abhängigkeit von verschiedenen Einflußfaktoren. FZT Dummerstorf-Rostock, Forschungsbericht 1974 (unveröffentlicht).

A 2670