

der Organisation, der Arbeitsvorbereitung, der Durchführung von Pausen- und Erholungszeiten einschließlich der Schichtversorgung der Arbeitskräfte und der Schichtwechsel sowie eine technologische Abstimmung der gesamten Maschinenkette erforderlich.

Literatur

[1] Munder, F.: Erarbeitung technischer Prinziplösungen für das neue Verfahren der industriemäßigen Produktion von Silage aus Grünfütter. FZM Schlieben/Bornim, Forschungsbericht 1980 (unveröffentlicht).

[2] Bewirtschaftungsrichtlinie für Hochsiloplanzen HS 25-M. VEB LIA Nauen, 1976.

[3] Mätzold, G.: Produktive Nutzung der Maschineneinsatzzeit in der Pflanzenproduktion — eine Aufgabe der Instandhaltung. agrartechnik 29 (1979) H. 12, S. 532—534. A 3147

Vorschläge für Rationalisierungsmaßnahmen an der Maschinenkette zur Beschickung von Hochsilos HS 25 M

Dr.-Ing. D. Ehlert/Dipl.-Ing. F. Munder/Dipl.-Ing. W. Schwarz, KDT/Agr.-Ing. G. Wartenberg/Dipl.-Ing. E. Wenske, KDT
Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

1. Problemanalyse

In Hochsilos HS 25 M wird Grünfütter vorrangig als Welkgut und teilweise als Frischgut (Mais) eingelagert. Die schnellstmögliche Schaffung anaerober Bedingungen im Siliergut ist eine der entscheidenden Voraussetzungen für die Sicherung des Siliererfolgs und somit zur Produktion von Qualitätssilagen. Bei der Beschickung von Hochsilos HS 25 M werden gegenwärtig unter Praxisbedingungen Masseströme von 15 bis 20 t/h (T_{02}) realisiert. Die Befülldauer von rd. 50% der Silos beträgt dabei mehr als 10 Tage [1]. Qualitätsminderungen durch die langen Beschickungszeiten sind die Folge.

Neben witterungsbedingten Unterbrechungen und organisatorisch begründeten Standzeiten haben technische Störungen der Maschinenkette zur Hochsilobeschickung einen erheblichen Anteil an den Ausfallzeiten. Als häufigste Ursachen für die technischen Störungen sind die aus der gegenwärtigen Sicht nicht mehr anforderungsgerechte Dimensionierung der Förderquerschnitte und die unzweckmäßige Gestaltung der Übergabestellen zwischen den einzelnen Förderern zu nennen. Durch den Komplexeinsatz der weiterentwickelten, leistungsfähigen Felderntetechnik für die Grünfütterernte ist die Paßfähigkeit in Maschinensystemen besonders hinsichtlich der realisierbaren Masseströme nicht mehr gegeben. Die Zuordnung ganzer Feldernte-komplexe zu den Hochsiloplanzen ist damit effektiv nicht möglich. Es kann eingeschätzt werden, daß nur der Annahmedosierer DS 300-14 die erhöhten Anforderungen hinsichtlich Massestrom und Funktionssicherheit erfüllt. Die sich anschließenden Förderer der Serienausrüstung — Gurtbandförderer FB 80-4/5, Steilförderanlage T 234 und Verteilmachine VES 12 — werden diesen Anforderungen nicht gerecht.

2. Aufgabenstellung

Um die Maschinenkette zur Beschickung von Hochsilos HS 25 M an die leistungsfähige Feldernte-technik anzupassen, sind Lösungen zu erarbeiten, die im Rahmen der Rationalisierung unter Beibehaltung der bestehenden Grundkonzeption der Hochsiloplanzen und der verfügbaren Mechanisierungsmittel realisierbar sind. Für diese Rationalisierung sind die o. g. Förderer der Serienausrüstung mit folgender Zielstellung zu überarbeiten:

— Die Masseströme der Maschinenkette zur Einlagerung sind zur Sicherung der Paßfähigkeit im Verfahren zu erhöhen. Dadurch kann die Befülldauer je Silo auf 3 Tage verkürzt werden, wobei die tägliche

Einlagerungsmenge 450 t beträgt. Kurze durchgängige Befüllzeiten sichern die Silagequalität bei niedrigen Verlusten durch schnelles Erreichen des Drucks und damit des Luftabschlusses.

- Die Funktionssicherheit der Einzelmaschinen ist durch konstruktive Änderungen zu verbessern.
- Der Anteil der Arbeitszeit unter erschwerten Bedingungen für die Bedienperson bei der Funktionsüberwachung und Beseitigung von Störungen ist zu senken.

3. Lösungsvorschläge, ihre Realisierung und Erprobung

3.1. Gurtbandförderer FB 80-4/5

Am Gurtbandförderer FB 80-4/5 wird der erforderliche Volumenstrom von 2000 m³/h durch Erhöhen der Gurtgeschwindigkeit des Annahmehabandes von 2,63 auf 3,25 m/s und des Übergabehabandes von 3,25 auf 4 m/s sowie Erhöhen der Gurtbandabdeckung um 200 mm erreicht (Bild 1). Diese sowie alle weiteren Maßnahmen wurden an der Hochsiloplanze HS 25 M der ZGE Milchviehanlage Kfemmen, Bezirk Potsdam, realisiert und erprobt.

3.2. Steilförderer

Zur Erschließung von Leistungsreserven am Steilförderer T 234 wurden massestrombegrenzende Faktoren analysiert und unter Berücksichtigung der Realisierbarkeit folgende Veränderungen vorgenommen:

- Vergrößerung des Förderquerschnitts
- funktionsgerechtere Ausbildung der Übergabestellen.

Die Vergrößerung des Förderquerschnitts ist durch die Erhöhung der Abdeckung möglich. In der ersten Änderungsstufe ist die lichte Höhe von 300 auf 420 mm vergrößert (Bild 2) und die serienmäßig vorhandene Abdeckung aus PVC-

Gurtband durch eine tunnelförmige Blechabdeckung ersetzt. Mit dieser Maßnahme kann der Förderquerschnitt von 0,18 auf 0,25 m² erhöht werden. In der zweiten Änderungsstufe, die einen Förderquerschnitt von 0,42 m² aufweist, ist ein Ersatz der serienmäßig vorhandenen geraden Querverstrebung des Steilfördererrahmens durch eine gekrümmte Ausführung erforderlich. Die damit mögliche lichte Höhe des Förderquerschnitts von 700 mm wird durch den Einsatz von abgekanteten, zusätzlichen Seitenblechen erreicht (Bild 2).

In der serienmäßigen Ausführung der Übergabestelle vom Gurtbandförderer FB 80-4/5 auf den Steilförderer ist ein großer Abstand zwischen der Kopftrommel und dem Band des Steilförderers vorhanden. Dadurch trifft infolge der sich ausbildenden Wurfparabel das Futter ohne Geschwindigkeitskomponente in Förderrichtung auf das Gurtband des Steilförderers auf und muß somit von den Stollen beschleunigt werden. Da während des Beschleunigens das Futter bis unmittelbar vor die Stollen rutscht, wird nur ein Teil des zur Verfügung stehenden Fördervolumens ausgenutzt (Bild 3). Um die Übergabeverhältnisse zu verbessern, ist die Kopftrommel des FB 80-4/5 dicht über dem Stollengurtband des Steilförderers angeordnet. Dazu sind Veränderungen an den seitlichen Lagerblechen des FB 80-4/5 sowie die Umgestaltung der Blechabdeckungen an der Übergabestelle notwendig. An der Übergabestelle vom Steilförderer auf den Verteilförderer wirkt das serienmäßig vorhandene Prallblech (Bild 4) in ungünstiger Weise auf die Kontinuität des Futterstromes. Durch die Bremswirkung des Prallbleches entstehen Stauungen, die zum Verstopfen des gesamten Übergabetrichters führen können. Bei der neuen Ausführung der Übergabestelle beschreibt das Futter eine natürliche Abwurfparabelbahn, ohne durch die Abdeckung abgebremst zu werden. Die Durchfahrt des Elek-

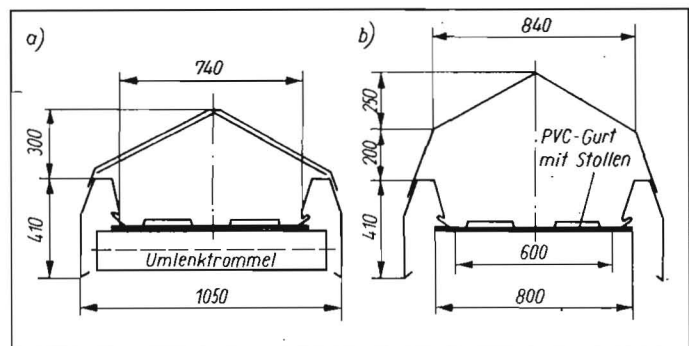


Bild 1
Querschnitt des Übergabehabandes des Gurtbandförderers FB 80-4/5;
a) Serienausführung
b) mit um 200 mm erhöhter Bandabdeckung

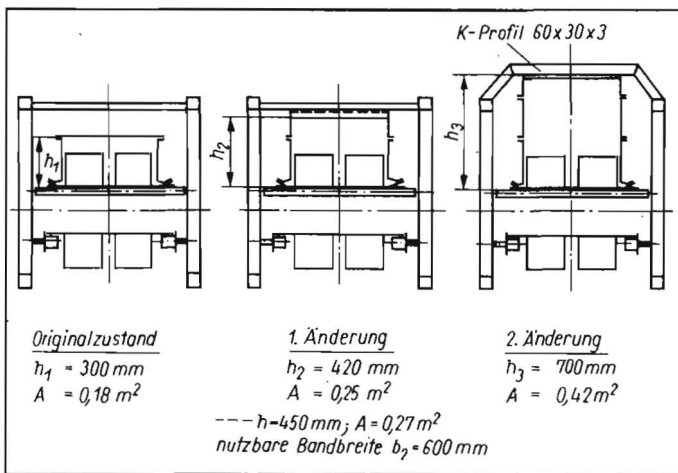


Bild 2. Originalzustand und Änderungen des Förderquerschnitts des Steilförderers T 234

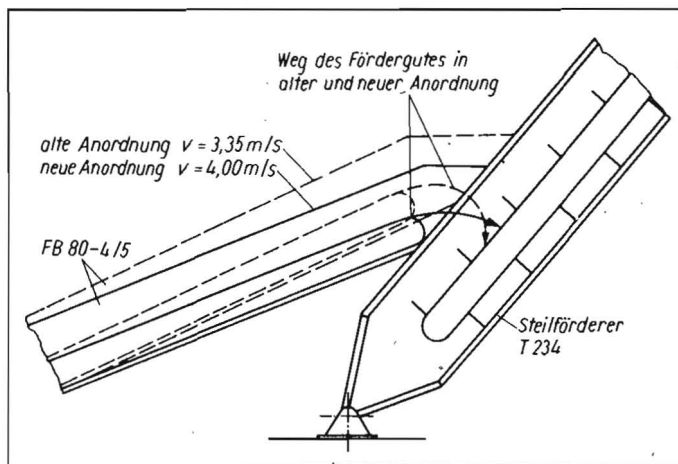


Bild 3. Übergabestelle zwischen Gurtbandförderer FB 80-4/5 und Steilförderer T 234

troseilzuges der Kranbahn ist durch ein klappbares Segment im Auswurfbogen gewährleistet (Bild 4).

3.3. Verteilförderer

Der mögliche Volumenstrom des Verteilförderers wird von Förderquerschnitt und Fördergeschwindigkeit bestimmt. Die Vergrößerung der Förderhöhe um 250 mm ist mit vertretbarem Aufwand möglich. Die Gesamthöhe des Förderkanals steigt damit von 450 auf 700 mm an (Bild 5).

Die Fördergeschwindigkeit des Verteilförderers beträgt 2 m/s. Durch Einsatz von Elektrogurttrommeln $3/3,5 \times 320 \times 950 \times 2/4$ (Serienausführung $4 \times 320 \times 950 \times 2$) kann die Gurtgeschwindigkeit auf 4 m/s gesteigert werden. Mit dem vergrößerten Förderquerschnitt und der Gurtgeschwindigkeit von 4 m/s wird bei einem mittleren Füllungsgrad von 0,6 der erforderliche Volumenstrom von 2000 m³/h erreicht. Der Förderquerschnitt der Aufgabeschurre wird prinzipiell für den gleichen möglichen Volumenstrom erweitert. Ein im Winkel von 45° angestelltes Aufprallblech lenkt den Förderstrom um (Bild 6, rechts). Der Übergabetrichter kann wie bisher senkrecht zur Förderrichtung aus dem Bereich der Aufgabeschurre herausgefahren werden. Durch Drehen der Schurre um 180° wird die Förderung in entgegengesetzter Richtung ermöglicht.

3.4. Verteilmachine

Der prinzipielle Aufbau der bekannten Doppelschnecken-Verteilmaschinen mit Tragring,

Tragrahmen und Verteilschnecken wird beibehalten. Zur Entlastung der Verteilschnecken wird in den Tragrahmen zusätzlich ein Gurtbandförderer eingebaut, der das Siliergut im Silozentrum übernimmt und es an der Siloperipherie den Verteilschnecken zuführt (Bild 7). Diese legen das Siliergut sektorenweise mit Förderrichtung von der Silowand zum Zentrum mit einer Schichtdicke bis 500 mm auf der Futterstockoberfläche ab. Bei dem Silodurchmesser von 12 m sind für eine Massestromerhöhung folgende technische Daten erforderlich:

Gurtbandförderer	
Achsabstand	5600 mm
nutzbare Gurtbreite	600 mm
Fördergeschwindigkeit	2,5 m/s
Antriebsleistungsbedarf	2,5 kW
Doppelschneckenförderer	
Schneckendurchmesser	400 mm
Schneckenlänge:	
vordere Schnecke	2900 mm
hintere Schnecke	5900 mm
Achsabstand	500 mm
Schneckenendrehzahl	200 U/min
Antriebsleistungsbedarf für beide Schnecken	7,5 kW.

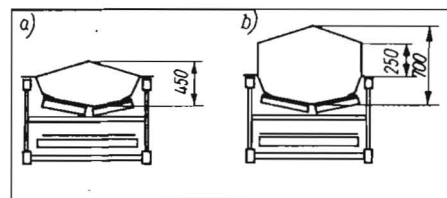


Bild 5. Förderquerschnitt des Verteilförderers T 234
a) Serienausführung
b) mit vergrößertem Förderquerschnitt

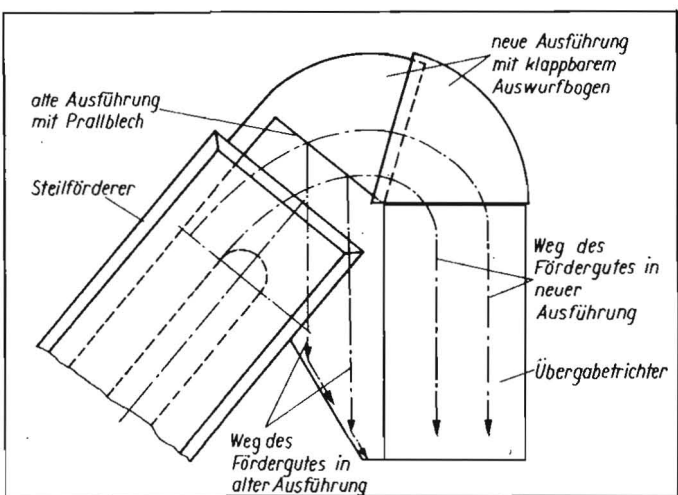


Bild 4. Übergabestelle zwischen Steilförderer und Übergabetrichter

Die Auswahl dieses Verteilprinzips mit Förderrichtung von der Silowand zum Zentrum und dem damit verbundenen Mehraufwand für das Förderband ist in einer Reihe von Vorteilen begründet (Tafel 1). Neben diesen Vorteilen ist für die Auswahl der Verteilrichtung die funktionssichere Bewältigung der geforderten Masseströme bei Einhaltung der erforderlichen Verteilqualität entscheidend.

4. Ergebnisse und Diskussion der Ergebnisse

4.1. Gurtbandförderer FB 80-4/5

Die erhöhte Gurtgeschwindigkeit des Gurtbandförderers FB 80-4/5 beeinflusst das Laufverhalten nicht. Siliergutaufnahme, -beschleunigung, -umlenkung und -übergabe verlaufen störungsfrei. Der mögliche Förderquerschnitt ist auch für extreme Ungleichmäßigkeiten im Förderstrom ausreichend dimensioniert. Die von der gesamten Maschinenkarte bewältigten maximalen Masseströme von 110 t/h (Welkgut) und 210 t/h (Mais) werden problemlos gefördert. Die installierte Nennleistung ist ausreichend. Die Förderverluste werden durch die veränderten Geschwindigkeiten und Masseströme nicht beeinflusst.

4.2. Steilförderer

Der auf 0,25 m² vergrößerte Förderquerschnitt ermöglicht eine deutliche Massestromerhöhung bei gesteigerter Funktionssicherheit gegenüber der serienmäßigen Ausführung. Bei unregelmäßigen Fördergutanhäufungen kommt es zeitweise noch zur Reibung des Fördergutes an der um 120 mm erhöhten Abdeckung. Um eine weitere Massestromerhöhung zu erreichen, ist die relativ aufwendige Querschnittsvergrößerung mit Änderung des Rahmens erforderlich. Die Massestromgrenze wird bei dieser Versuchsvariante durch die Schütthöhe auf dem Gurtband bestimmt. Bei zu großer Schütthöhe wird das Fördergut nicht mehr mitgenommen und rollt zurück. Die installierte Antriebsleistung von 15 kW ist für einen Massestrom von 110 t/h (Welkgut) noch ausreichend (Bild 8). Die Änderungen an den Übergabestellen wirkten sich positiv aus. Zwischen dem Gurtbandförderer FB 80-4/5 und dem Steilförderer ist jetzt eine kontinuierliche Übergabe des Fördergutes gewährleistet. Durch die geänderten Übergabeverhältnisse werden die Betriebssicherheit verbessert und die Förderverluste vermindert. Damit sind wesentliche Störquellen beseitigt, die in der serienmäßigen Ausführung schon bei geringe-

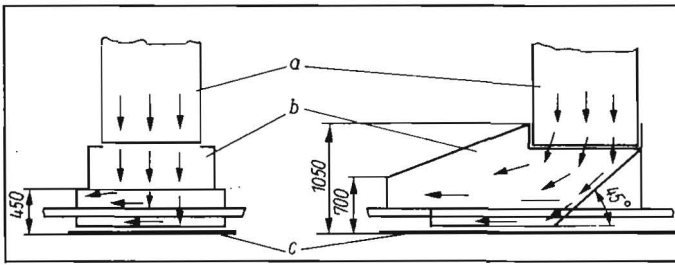
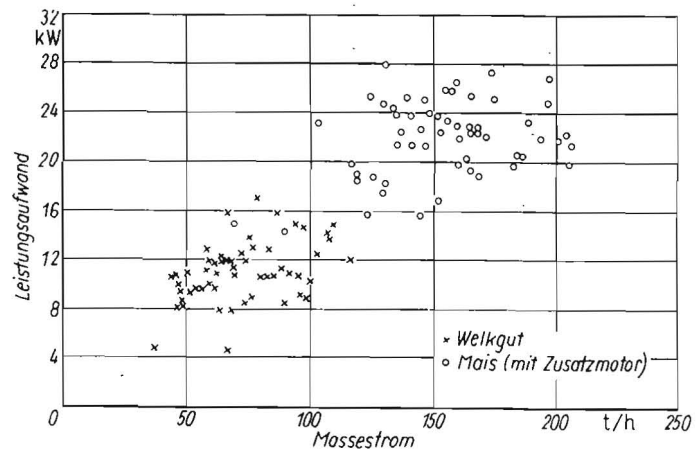


Bild 6. Vergrößerung der Aufgabeschurre für den Verteilförderer T 234; a Übergabetrichter, b Aufgabeschurre, c Gurtband

Bild 8. Elektrische Leistungsaufnahme des Steilförderers T 234 in Abhängigkeit vom Massestrom



ren Masseströmen Verstopfungen herbeiführen.

Möglichkeiten für eine gleichmäßige Auslastung des Fördervermögens und der Nennleistung des Steilförderers bestehen in der Anwendung einer Massestromregelung. Damit könnten der mögliche Massestrom erhöht und die Verstopfungsfahrer wesentlich reduziert werden [2].

Da sich gezeigt hat, daß in der Förderkette des Steilförderers T 234 massestrombegrenzend ist, sollte in Praxisanlagen der ohne Umbau des Rahmens maximal mögliche Förderquerschnitt von 0,27 m² realisiert werden. Eine Erhöhung der Antriebsleistung ist bei vorrangiger Welkgutförderung nicht erforderlich.

Die Übergabestellen waren bisher die häufigsten Störquellen bei der Beschickung. Der Umbau sollte auf jeden Fall unabhängig von der Massestromerhöhung vorgenommen werden.

4.3. Verteilförderer

Der rekonstruierte Verteilförderer realisiert Masseströme bei Welkgut bis 110 t/h und bei Mais bis 210 t/h mit hoher Funktionssicherheit. Störungen durch Verstopfungen treten bei den von der Maschinenkette erreichten Masseströmen nicht auf. Der stetige Durchfluß in der Aufgabeschurre ist gesichert. Die Gleichmäßigkeit des Förderstromes bleibt erhalten.

Die störungsfreie Förderung bestätigt die Richtigkeit und Notwendigkeit der vorgenommenen Erhöhung des möglichen Fördervolumens auf rd. 2000 m³/h. Zwei wesentliche Störquellen und Ursachen für die niedrigen Masseströme der serienmäßigen Maschinenkette, die Aufgabeschurre und der Verteilförderer, sind mit der erarbeiteten Lösung beseitigt. Die Funktionssicherheit der Maschinenkette wird erhöht, und der erschwerte manuelle Aufwand zur Beseitigung von Verstopfungen entfällt.

4.4. Verteilmaschine

Mit dem ausgewählten Verteilprinzip — Förderung des Siliergutes zur Silowand und sektorenweises Verteilen von der Wand zum Zentrum — wird eine Massestromerhöhung mit hoher Funktionssicherheit erreicht. Da 30% des Siliergutes von den Verteilschnecken nicht gefördert werden müssen, ist ein Schnecken-durchmesser von 400 mm ausreichend. Die Verteilqualität wird durch die vollständige Füllung der Randzone gegenüber der herkömmlichen Verteileinrichtung verbessert. Damit werden gute Voraussetzungen für die Oberflächenverdichtung und das Zudecken des Futterstocks geschaffen.

Die Lagerungsdichte des Siliergutes an der

Futterstockoberfläche wird durch die Kraft-einwirkung der Schnecken erhöht. Der Effekt der Verteilrichtung kann durch Vergleich mit der von der Serienmaschine VES 12 im Mittel realisierten Oberflächendichte eingeschätzt werden (Bild 9). Durch die intensive und längere Bearbeitung des abgelegten Siliergutes auf der flächenanteilig großen Randzone werden das gewogene Mittel der Oberflächendichte durchschnittlich von 178 kg/m³ (Verteilprinzip VES 12 [3]) auf 336 kg/m³ erhöht und ein Dichtegefälle von der Silowand zum Zentrum erreicht. Die erhöhte Lagerungsdichte an der Silowand reduziert die Randverluste durch Einwirkung von atmosphärischem Sauerstoff. Die Zone verminderter Dichte im Silozentrum bringt Vorteile für die sekundäre Schachtbildung.

Die Erhöhung der Dichte an der Futterstockoberfläche bewirkt einen Anstieg der mittleren Lagerungsdichte im gesamten Futterstapel in Abhängigkeit vom TS-Gehalt. Die mögliche Füllmenge für ein Silo wird dadurch bei hoher Füllgeschwindigkeit um rd. 3% erhöht [4]. Die für den Schutz der freien Futterstockoberfläche erforderliche Dichte von 400 kg/m³ wird von der Doppelschnecken-Verteileinrichtung nicht erreicht. Weitere Schutzmaßnahmen sind erforderlich. Durch Umkehr der Verteilrichtung von der Silowand zum Zentrum verkürzt sich der energieaufwendige mittlere Förderweg in den Schnecken von 4,2 auf 1,8 m. Die hier eingesparte Energie ist für den Antrieb des zusätzlichen Förderbandes ausreichend.

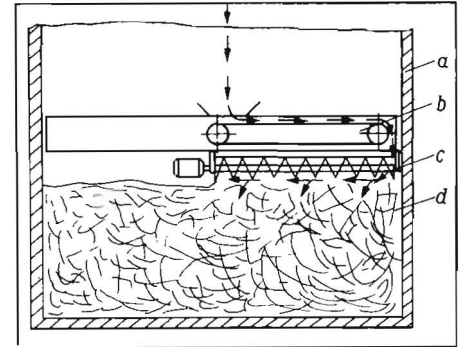


Bild 7. Schema der Doppelschnecken-Verteilmaschine; a Silobehälter, b Förderband, c Schnecken, d Futterstock

4.5. Realisierte Masseströme im Verfahren

Für die Einlagerung sowohl von Welkgut als auch von Silomais in Hochsilos wurden für die Zeiträume einer vollständigen Silobefüllung Zeitstudien durchgeführt. Die grafische Auswertung (Bild 10) zeigt, daß im Bereich von $s = 10 \dots 98\%$ Normalverteilung vorliegt und damit eine statistische Auswertung sinnvoll ist. Danach ergeben sich in der Grundzeit T_1 folgende statistisch gesicherte Mittelwerte: für Welkgut 70 t/h für Frischgut 140 t/h.

Damit ist es möglich, in der Schichtzeit T_{08} die geforderten täglich einzulagernden Massen von 450 t in 12 h zu realisieren, wenn ein Verhältnis zwischen Schichtzeit T_{08} und Grundzeit T_1 von

Tafel 1. Begründung für die Auswahl des Verteilprinzips mit Verteilrichtung von der Silowand zum Zentrum (Parameter berechnet für maximale Masseströme von 110 t/h bei Welkgut und 210 t/h bei Frischgut)

Parameter	Förderrichtung vom Zentrum zur Silowand	Förderrichtung von der Silowand zum Zentrum
Schneckendrehzahl	U/min 200	200
erforderlicher Schnecken-durchmesser	mm 630	400
von Schnecken nicht zu erfassende Siliergutmenge (unterhalb der Aufgabestelle)	% 0,8	30
mittlerer Förderweg in den Schnecken	m 4,2	1,8
mittlerer spezifischer Energieaufwand je t Originalsubstanz	kWh/t 0,1	0,1
Dichteprofil von der Silowand zum Zentrum	steigend	fallend
mittlere Lagerungsdichte an der Oberfläche bei einem TS-Gehalt von 40%	kg/m ³ 178	336

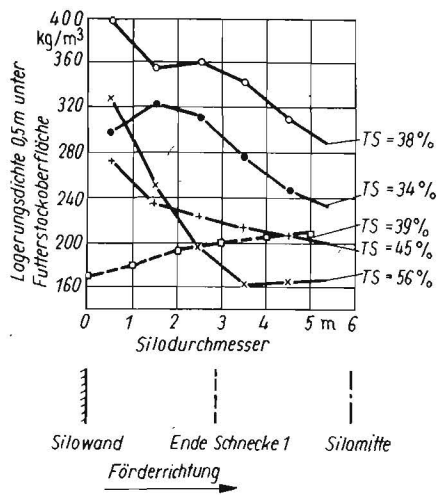


Bild 9
Lagerungsdichte von
Welkgut im Hochsilo
HS 25 M, verteilt mit
Doppelschnecken-Ver-
teilmaschine;
— verteilt mit Se-
rienmaschine VES 12 [3]

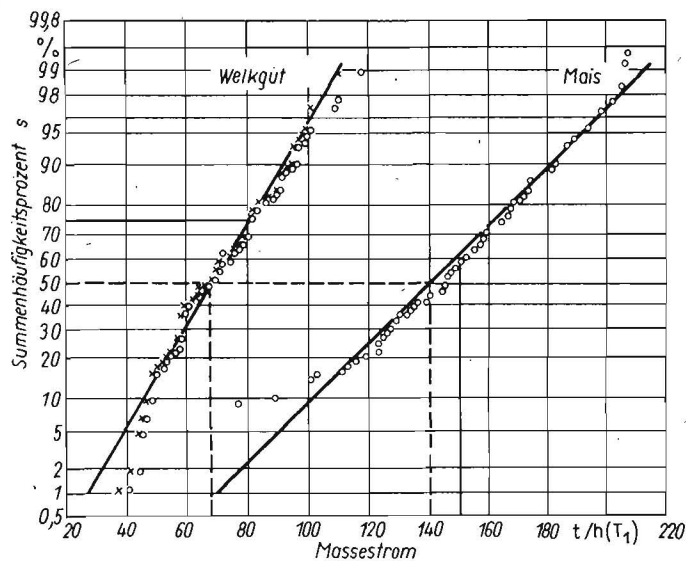


Bild 10 ▶
Erreichte Masseströme
am Hochsilo HS 25 M

2:1 eingehalten wird. Die mit den beschriebenen Mechanisierungsmitteln erreichbaren technischen Grenzen liegen bei rd. 100 t/h für Welkgut bzw. 200 t/h für Frischgut.

5. Schlußfolgerungen

Im Rahmen der Rationalisierung der Ausrüstungstechnik von Hochsiloplanen HS 25 M werden zur Erhöhung der Masseströme bei gleichzeitiger Verbesserung der Funktionssicherheit folgende Maßnahmen empfohlen:

- Am Gurtbandförderer FB 80-4/5 sind die Gurtgeschwindigkeiten des Annahmehabandes auf 3,25 m/s und des Übergabehabandes auf 4 m/s sowie die Gurtbandabdeckung um 200 mm zu erhöhen.
- Die PVC-Gurtbandabdeckung des Steilförderers T 234 ist zu entfernen und der Förderquerschnitt durch eine höher gesetzte Stahlblechabdeckung auf 0,27 m² zu erweitern.
- Die Übergabestellen sind funktionsgerecht auszubilden. Dabei sind die Querschnitte

den Geschwindigkeitsverhältnissen des Förderstromes anzupassen.

- Am Verteilförderer sind die Gurtgeschwindigkeit auf 4 m/s zu erhöhen, der Förderquerschnitt durch Erhöhen der Bandabdeckung um 250 mm zu vergrößern und die Aufgabeschurre zur stetigen Umlenkung und kontinuierlichen Zuführung des Siliergutstromes umzugestalten.
- Das erarbeitete Verteilprinzip mit Verteilrichtung von der Silowand zum Zentrum weist förder- und lagerungstechnische Vorteile auf. Zur Absicherung höherer Masseströme sollten die Maschinen nach diesem Prinzip arbeiten.

6. Zusammenfassung

Zur Anpassung an die neuen Anforderungen der leistungsfähigen Felderntetechnik können Masseströme und Funktionssicherheit der Maschinenkette zur Beschickung von Hochsilos HS 25 M erhöht werden. Dazu sind im Rahmen von Rationalisierungsmaßnahmen an

den einzelnen Förderern die Förderquerschnitte zu vergrößern und die Fördergeschwindigkeiten zu erhöhen. Mittlere Masseströme von 70 t/h bei Welkgut und 140 t/h bei Frischgut werden in der Grundzeit T_1 erreicht.

Literatur

- [1] Heller, W., u. a.: Ist-Stand-Analyse der gegenwärtig in der Praxis eingesetzten Silotypen. VEB Landtechnische Industrieanlagen Nauen, Forschungsbericht 1979 (unveröffentlicht).
- [2] Schwarz, W.: Vereinfachte Massestromregelung für die Befüllung von Hochsilos mit Gurtbandsteilförderern. agrartechnik 31 (1981) H. 8, S. 350—351.
- [3] Müller, M., u. a.: Welksilagehochsilo HS 25. IfM Potsdam-Bornim, Forschungsabschlußbericht 1971 (unveröffentlicht).
- [4] Munder, F.: Erarbeitung technischer Prinziplösungen für das neue Verfahren der industriemäßigen Produktion von Silage aus Grünfütter. FZM Schlieben/Bornim, Forschungsbericht 1980 (unveröffentlicht). A 3146

Folgende Fachzeitschriften der Elektrotechnik erscheinen im VEB Verlag Technik:
Elektrie; der Elektro-Praktiker; Fernmeldetechnik; messen—steuern—regeln;
Nachrichtentechnik—Elektronik; radio—fernsehen—elektronik