

ternational werden hierfür Spezialschneidwerke eingesetzt.

5. Grundmaschinen

Die Grundmaschinen der selbstfahrenden Schwadmäher verfügen heute ausschließlich über Vierradfahrgestelle. Die früher häufig verwendeten Dreiradkonstruktionen konnten sich aufgrund der unzureichenden Fahrstabilität nicht behaupten. Für den Antrieb kommen sowohl Diesel- als auch Ottomotoren zum Einsatz. Die Motorleistungen liegen vorwiegend zwischen 48 kW und 70 kW. Die den Stand der Technik bestimmenden Firmen wie John Deere oder Hesston bieten ihre Erzeugnisse in unterschiedlichen Leistungsklassen und auf Wunsch mit verschiedenen Motorvarianten an. Die Kraftübertragung vom Motor auf die Antriebsräder erfolgt auf konventionell mechanischem oder hydrostatischem Wege. Letztere Variante hat in den 80er Jahren zunehmende Verbreitung erlangt. Gegenüber mechanischen Lösungen ermöglicht der hydrostatische Fahrtrieb wesentlich platz- und massensparende Konstruktionen. Weitere Vorteile, die sich aus dem Wirkprinzip ergeben, sind der Wegfall einer separaten Lenk- und Bremsenrichtung sowie die Möglichkeit der stufenlosen Geschwindigkeitsregelung im gesamten Fahrgeschwindigkeitsbereich. Noch nicht befriedigend ist die Spurlage dieser Grundmaschinen besonders bei der Arbeit in Schichtlinie und beim Straßentransport [2]. Sehr vielfältig ist die Gestaltung des Fahrer-

standes. Das Angebot reicht von einfachsten Sonnendächern bis zur Vollkomfortkabine mit Klimaanlage, Farbscheiben zur Reduzierung der Wirkung der Sonneneinstrahlung, schwingungsgedämpftem Fahrersitz, geringster Lärmbelastigung, Radio usw.

6. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Der internationale Entwicklungsstand bei selbstfahrenden Schwadmähern ist wie folgt gekennzeichnet:

- selbstfahrende Vierradmaschine mit zunehmend hydrostatischem Vorderradantrieb und Triebbradlenkung
- Einsatz von Diesel- und Ottomotoren mit Motorleistungen von 48 bis 70 kW
- Feldfutterschneidwerke mit gestaffelten Arbeitsbreiten von 3 bis 5 m
- Einsatz breitflächig wirkender Quetschwalzen zur Halmgutaufbereitung
- hohe Arbeitsqualität beim Mähen und Schwadlegen
- hohe Materialökonomie und niedrige Masse
- hoher ergonomischer Komfort
- hohe Universalität.

Um den wachsenden Anforderungen der einheimischen Landwirtschaft auch künftig Rechnung tragen zu können und die Konkurrenzfähigkeit der Erzeugnisse des hiesigen Landmaschinenbaus auch im Perspektivzeitraum zu sichern, sind folgende Entwicklungsziele anzustreben:

- Baureihe mit unterschiedlichen Leistungsklassen
- moderner Fahrtrieb
- Senkung der spezifischen Maschinenmasse und des Energiebedarfs
- Senkung des Bodendrucks
- hohe Universalität durch eine noch breitere Palette von Adaptern
- Weiterentwicklung der Messerführung und des Messerantriebs
- Einsatz einer verbesserten Halmgutaufbereitungseinrichtung
- ergonomisch verbesserte Gestaltung des Fahrerstandes
- Einsatz mikroelektronischer Baugruppen zur Kontrolle und Steuerung der Funktionselemente
- Verbesserung der Gutablagequalität bei allen geforderten Gutablagevarianten.

Literatur

- [1] Schmidt, W.: Schwadmäher. Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Diplomarbeit 1985 (unveröffentlicht).
- [2] Schmidt, K.: Beitrag zur Entwicklung technischer Lösungen für die Verbesserung der Feldtrocknung von Halmgut. Universität Rostock, Dissertation A 1988 (unveröffentlicht).
- [3] John Deere Haying equipment (Heuaustrüstung), Prospekt 1983.
- [4] Sperry New Holland Haybine, Prospekt 1979.
- [5] Promill Selbstfahrender Schwadmäher A 10, Prospekt 1985. A 5927

Verdichten von Corn-Cob-Mix (CCM) in Horizontalsilos

Dr.-Ing. E. Wenske/Dr.-Ing. B. Oberbarnscheidt/Dr. sc. techn. C. Fülll
Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben

1. Einleitung

Massive Horizontalsilos sind die kostengünstigste Variante für die Lagerung von Corn-Cob-Mix (CCM). Die hier beschriebenen Praxisuntersuchungen wurden in Silos SH 5100 mit den Abmessungen 24 m × 5,1 m × 72 m (B × H × L) und in Silos mit den Abmessungen 10 m × 3 m × 50 m durchgeführt. Die eingelagerte Masse betrug 120 bis 190 t/d, wobei Extremwerte von 10 t/d und 260 t/d auftraten. Als Einlagerungs- und Verdichtungsmaschinen wurden Radtraktoren mit Schiebeschilde eingesetzt. Parallel zu diesen Untersuchungen liefen Verdichtungsversuche auf dem Prüfstand mit dem sog. „Preßtopf“. Das Ziel der Untersuchungen war die Erarbeitung einer Richtlinie für die Einlagerung und Verdichtung von CCM bei Minimierung des dafür erforderlichen Aufwands. Als Kriterium galt das Erreichen einer Trockensubstanzdichte (TS-Dichte) von 480 kg/m³ in der oberen Randschicht des Futterstapels. Dieser Wert entspricht sowohl den internationalen als auch den eigenen Erfahrungen für eine sichere Lagerung.

2. Prüfstandsuntersuchungen

Als Verdichtungsdruck wurden am Prüfstand 4,2 N/cm² eingestellt. Dieser Wert liegt nahe dem geschätzten mittleren Fahrbahndruck

p_F , den die eingesetzten Radtraktoren auf das unverdichtete Futter ausüben (Tafel 1):

$$p_F = \frac{F_a}{b_f d_R 0,5} \quad (1)$$

F_a Achslast der Antriebsachse in N
 b_f Fahrwerksbreite in m
 d_R Reifendurchmesser in m
0,5 empirischer Faktor.

Die Füllhöhe im „Preßtopf“ betrug 20 cm. Sie entspricht damit der Höhe der oberen Futterschicht im Silo, die durch die Maschine unmittelbar verdichtet wird. Belastet wurde in zeitlichen Intervallen. Dabei folgte einer Belastungszeit von 5 s jeweils eine belastungsfreie Zeit von 60 s. Bild 1 verdeutlicht, daß nach 4maliger Belastung mit dem gleichen Druck die Dichte sowohl unter Last als auch nach der Rückdehnung keine wesentlichen Veränderungen erfährt. Diese Versuche wurden bei TS-Gehalten im CCM von 50 bis 56 % durchgeführt.

Eine Regressionsanalyse mit dem Ansatz $q_L = c p^m$ ergibt für die Lagerungsdichte q_L unter Berücksichtigung der Eigenlast des Futters als Funktion der Tiefe unter der Futterstockoberfläche h

$$q_L = 807 (h + 1,208)^{0,19} \text{ bei TS = 50 \%} \quad (2)$$

$$q_L = 770 (h + 1,870)^{0,22} \text{ bei TS = 56 \%}. \quad (3)$$

3. Dichte- und Trockensubstanzverteilung im Futterstapel

In den beiden o. g. Silogrößen wurden Dichte und TS-Gehalt nach einem Raster über den Querschnitt ermittelt. In den Bildern 2 und 3 sind die Meßergebnisse dargestellt und für den TS-Gehalt, die Dichte und die TS-Dichte in horizontaler und vertikaler Richtung ausgewertet. Während der Dichteverlauf eindeutig ist, weist der Verlauf der Feuchtigkeit im Futterstapel keine gerichtete Tendenz auf.

Die Dichte im Futterstapel, wie sie im Bild 2 dargestellt ist, wurde mit einem Traktor K-700 erzielt, während zur Verdichtung des Futterstapels nach Bild 3 ein ZT 303 eingesetzt war. Erkennbar ist, daß die erforderliche TS-Dichte in der oberen Futterschicht von 480 kg/m³ im Mittel erreicht wird. Es treten jedoch größere Abweichungen auf, be-

Tafel 1. Geschätzter mittlerer Fahrbahndruck der Radtraktoren K-700 und ZT 303

Maschine	b_f m	d_R m	F_a N	p_F N/cm ²
K-700	2,108	1,55	73 300	4,49
ZT 303	0,934	1,52	30 300	4,27

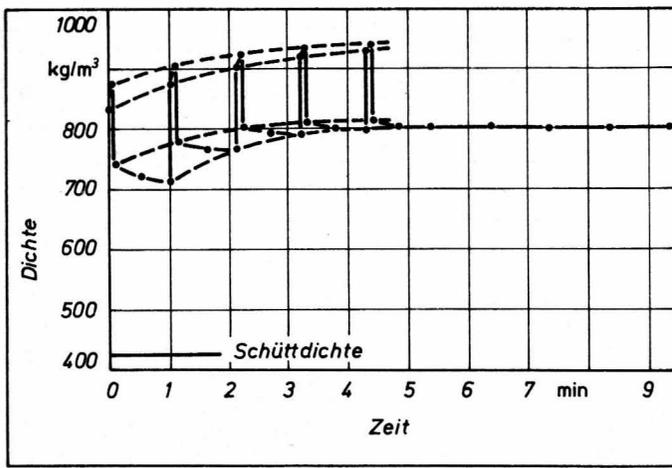


Bild 1
Verdichten von CCM
(TS = 55,7%) im „Preß-
topf“

Wird der Traktor gleichzeitig als Verteilma-
schine eingesetzt, so gilt:

$$t_E = t_{vt} + t_v; \quad (5)$$

t_E spezifische Zeit zum Einlagern in
min/t

t_{vt} spezifische Zeit zum Verteilen in
min/t

t_v spezifische Zeit zum Verdichten in
min/t.

$$\text{Mit } t_v = \frac{60}{K_i} \quad (6)$$

wird

$$t_E = t_{vt} + \frac{60}{K_i} \quad (7)$$

Bezeichnet man die Aggregatleistung beim
Einlagern mit K_E , so wird nach den Gln. (6)
und (7) die Gl. (4) erweitert:

$$K_E = \frac{60}{t_{vt} + \frac{60}{K_i}} \quad (8)$$

Ausgehend von einer spezifischen Zeit
 $t_{vt} = 1,0$ min/t beim Einsatz des K-700 und
1,5 min/t für den ZT 303 [2] bei einer einzula-
gernden Schichthöhe $h_E = 20$ cm wird für die
Zeit zum Verteilen t_{vt} Proportionalität zur
Schichthöhe h_E vorausgesetzt. Damit ergibt
sich die maschinenbezogene Einlagerungs-
leistung für den Traktor wie folgt:

$$K_E = \frac{60 h_E}{K t_{vt} + \frac{60 (l_v + T_{zw} v_F) k n_F}{l_v Q_s b_F v_F 3600}} \quad (9)$$

Mit den Maschinenkennwerten aus Tafel 2
kann die Einlagerungsleistung und daraus
der Verdichtungsaufwand für einen Traktor
in Abhängigkeit von der Anzahl der Fahrten

sonders Zonen mit geringerer Dichte in den
tieferen Bereichen. Dieses Dichteprofil
wurde durch ständiges Überfahren der Fut-
teroberfläche mit dem Traktor erreicht. Das
Futter wurde dabei je nach der anfallenden
Masse in unterschiedlichen Schichtdicken
eingelagert. Daher sind auch Bereiche deut-
lich erkennbar, die unzureichend verdichtet
wurden.

4. Optimierung des Verdichtungsaufwands

Die Schüttdichte Q_s von zerkleinertem CCM
mit einem Spindelanteil von 60% der ge-
wachsenen Spindeln beträgt in Abhängigkeit
vom TS-Gehalt bei einer Schütthöhe von
20 cm 375 bis 520 kg/m³ (Bild 4). Mit diesem
Wert und der Kenntnis der geometrischen
Daten der Maschine und der zu verdichten-
den Futteroberfläche sowie unter Berück-
sichtigung der Zeitfaktoren läßt sich die Ver-

dichtungsleistung K_i des Traktors bestim-
men [1]:

$$K_i = \frac{l_v h_E Q_s b_F v_F 3600}{(l_v + T_{zw} v_F) n_F K} \quad (4)$$

K_i Aggregatleistung beim Verdichten in
t/h (T_{08})

l_v Länge der zu verdichtenden Siliergut-
schicht in m

h_E Höhe der zu verdichtenden Siliergut-
schicht in m

Q_s Schüttdichte in t/m³

b_F Fahrwerkbreite in m ($b_F = \sum b_R$)

b_R Reifenbreite in m

v_F Fahrgeschwindigkeit beim Verdichten
in m/s

n_F Anzahl der Fahrten in einer Spur

T_{zw} Wendezeit bzw. Schaltzeit in s

K Faktor T_{08}/T_{02} .

Bild 2. Dichte und TS-Gehalt im Silo SH 5100

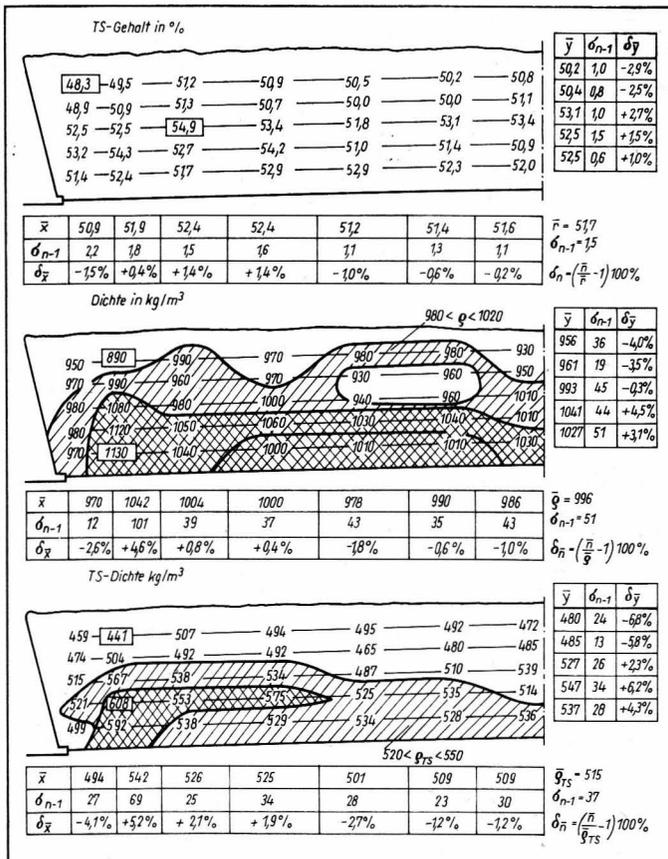
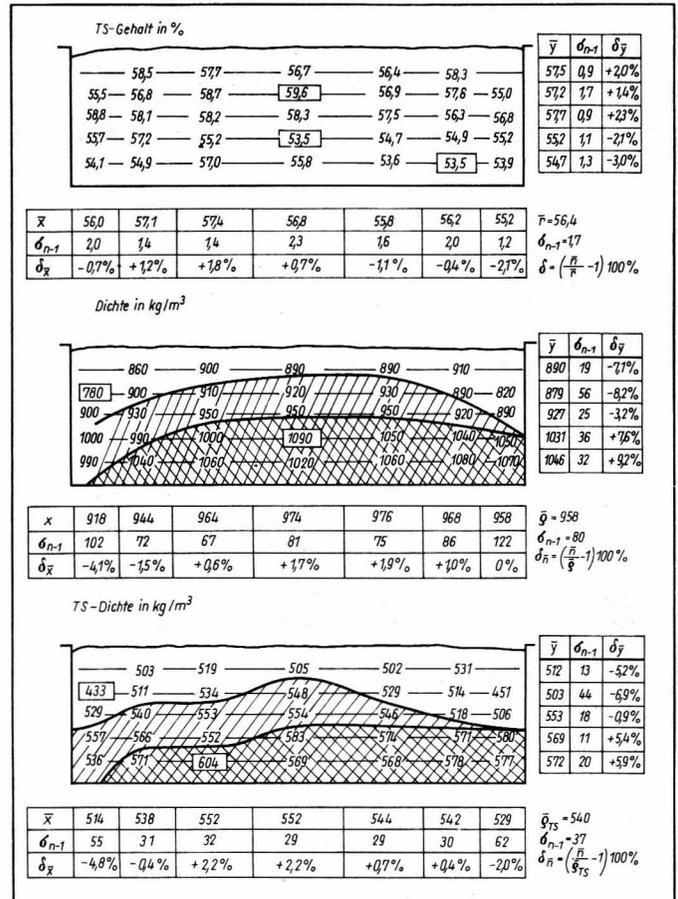


Bild 3. Dichte und TS-Gehalt im Silo 10 m × 3 m



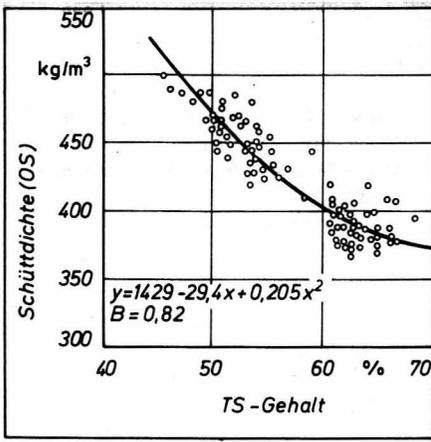


Bild 4. Zusammenhang zwischen Schüttdichte und TS-Gehalt bei gemahlenem CCM (Schütthöhe 20 cm)

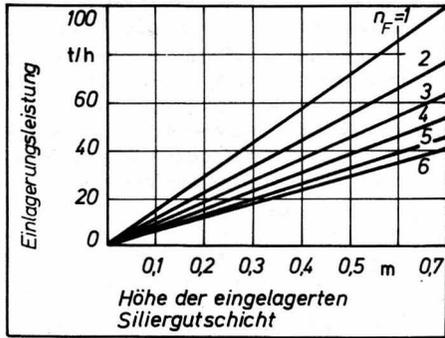


Bild 5. Einlagerungsleistung des Traktors ZT 303

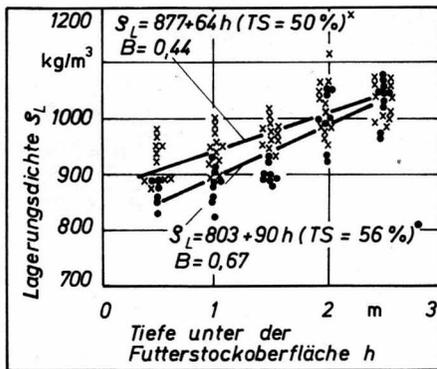


Bild 6. Lagerungsdichte von CCM im Horizontal-silo (Meßwerte)

Bild 7. Berechnete und gemessene Lagerungsdichte von CCM

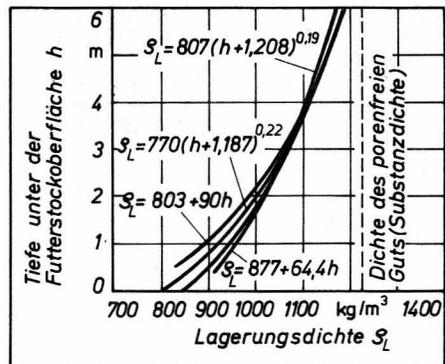
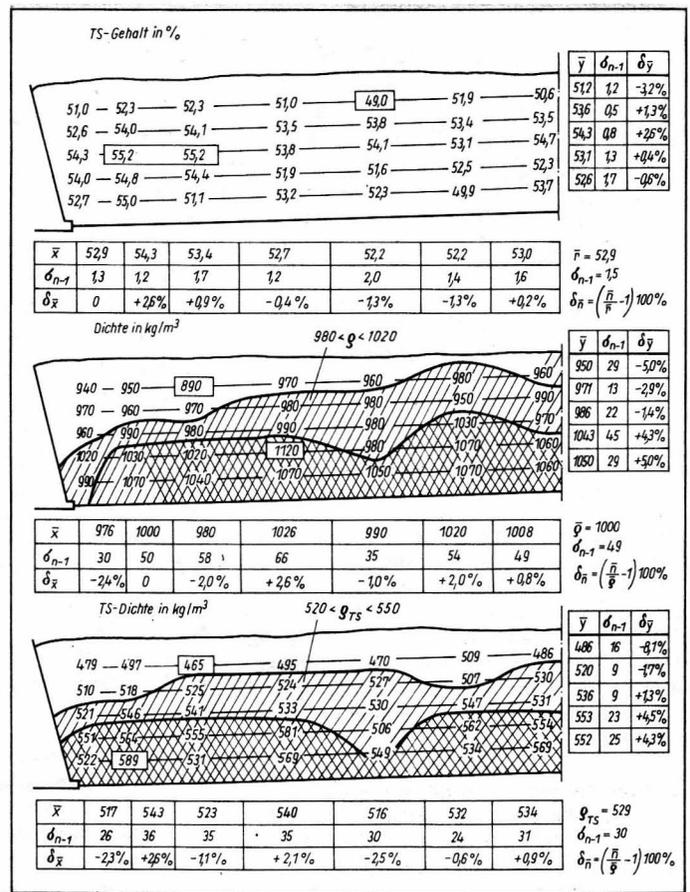


Bild 8 Dichteprofil und TS-Gehalt von CCM im Silo SH 5100



in einer Spur n_F und der Höhe der einzulagernden Siliergutschicht h_E ermittelt werden (Bild 5).

Die Ergebnisse der Regressionsanalyse von Meßwerten, die unter Praxisbedingungen erzielt wurden, sind im Bild 6 dargestellt. Hierin sind die Meßwerte in den vertikalen Ebenen, wie sie in den Bildern 2 und 3 enthalten sind, einbezogen. Ein Vergleich von gemessenen und auf der Grundlage von „Preißtopfuntersuchungen“ berechneten Werten der Lagerungsdichte zeigt im Bereich von TS = 50...56% bei Futterstapelhöhen bis 3 m eine sehr hohe Übereinstimmung (Bild 7).

Aus diesen Ergebnissen wird für die Einlagerung und Verdichtung von CCM folgende Vorschrift abgeleitet:

- einzusetzende Verteil- und Verdichtungs-maschinen:
 - ZT 303 mit Schiebeschild T 031 und Bereifung 18,4/15-30 auf der Hinterachse
 - K-700 mit Schiebeschild T 301 und Zwillingbereifung 23,1/18-26 + 18,4/15-30 auf beiden Achsen
- Schütthöhe der Einlagerungsschicht $h_E = 20...30$ cm
- Anzahl der Fahrten in einer Spur $n_F = 2...3$.

Damit ergeben sich Einlagerungsleistungen in der Schichtzeit T_{08} von 18 bis 24 t/h mit

Tafel 2. Kennwerte für Traktoren

Maschine	b_F m	v_F m/s	T_{Zw} s	K
K-700	2,108	0,6	10	1,43
ZT 303	0,943	0,6	10	1,43

Randbedingungen: Länge der zu verdichtenden Futterschicht 20 m; Schüttdichte $\rho_s = 450$ kg/m³

ZT 303 und von 30 bis 40 t/h mit K-700. Als Nachweis für eine ausreichende Verdichtung gilt eine TS-Dichte von 480 kg/m³, gemessen in einer Tiefe von 50 cm unter der Futterstockoberfläche, z. B. mit der γ -Rückstreusonde DS-116. Im Bild 8 ist ein relativ gut ausgebildetes Dichteprofil, das den Anforderungen der Lagerung entspricht, dargestellt.

Literatur

- [1] Müller, M.: Beitrag zu verfahrenstechnischen Grundlagen der Silagebereitung. Universität Rostock, Dissertation B 1969.
- [2] Müller, E.; Oberbarnscheidt, B.; Wenske, E.: Die Zerkleinerung, Silierung, Lagerung und Entnahme von Maiskorn-Spindel-Gemisch. Feldwirtschaft, Berlin 25 (1984) 12, S. 547–550.

A 5898