

Entlastung des Fahrers bei der Bedienung des E 282 und die Erhaltung des Wohlbefindens und der Leistungsfähigkeit durch bestmögliche Arbeitsbedingungen. In diesem Bereich bietet der E 282 einige entscheidende Vorzüge durch

- elastische Lagerung des Fahrerstandes mit Doppelboden und geräuschgedämmter Kabine
- geräumige, großflächig verglaste Kabine
- Druckbelüftung über Staubfilter
- Heizung auf Kundenwunsch
- Verschattung der Frontscheibe
- atmungsaktiver Luftfedersitz
- schwenkbare und teleskopierbare Lenksäule
- zweckmäßige und gestalterisch überzeugende Ausstattung
- ermüdungsfreie Bedienung und Überwachung mit Multifunktionshebel, servoelektrischen Betätigungseinrichtungen, elektronischem Kontrollsystem
- Lenkautomatik auf Wunsch
- Anhängerbremsanlage auf Wunsch
- großflächige Scheibenwaschanlage
- Scheibenbremse
- Arbeitsscheinwerfer auf Kundenwunsch.

Kraftstoffökonomie

Der Feldhäcksler ist eine der energieinten-

sivsten Maschinen in der hochmechanisierten Landwirtschaft. Sparsamkeit im Kraftstoffverbrauch ist daher einer der Haupteffekte, der durch die Neuentwicklung erreicht wurde. Grundlagen des sparsamen Verbrauchs des E 282, bezogen auf die Masse des zu verarbeitenden Erntegutes, sind

- energetisch optimale Auslegung der Trommeldrehzahl unter Nutzung des Turboeffekts und Verzicht auf einen energieaufwendigen Nachbeschleuniger
- sinnvolle Abstimmung zwischen Durchsatzvermögen des Häckselaggregats und Leistung der Motoren nach dem Grundsatz, die Motoren bei den am häufigsten angewendeten Ernteverfahren Welkgut- und Grünmaissilierung in den verbrauchsgünstigsten Leistungsbereichen, d. h. nahe Vollast, zu betreiben.
- moderne Konzeption des Dieselmotors mit Direkteinspritzung und Abgasturbolader sowie Betreiben im energetisch vorteilhaften Drehzahlbereich.

Umweltverträglichkeit

Eines der Hauptanliegen neuer Landmaschinengenerationen mit Radfahrwerken ist die Verminderung schädlicher Bodenverdichtungen. Hohe spezifische Kontaktflächendrücke

der Räder, eine absolute Erhöhung der Maschinenmasse und häufiges Überrollen des Ackerbodens führen zu einer auf lange Zeit nicht reparablen Verminderung der Bodenfruchtbarkeit und der Erträge.

Mit dem E 282 ist ein vernünftiger Kompromiß zwischen Produktivität und langfristiger Sicherung der Erträge gefunden worden. Dazu tragen bei:

- relativ niedrige Fahrzeugmasse
- der Achslastverteilung entsprechende Bereifung für tragfähige Böden
- Sonderbereifung für wenig tragfähige Böden, auch für die Lenkachse
- große Adapterarbeitsbreiten zur Minimierung der Fahrspuranzahl
- gleiche Spurbreiten für beide Achsen.

Mit dem Feldhäcksler E 282 steht damit der Landwirtschaft eine Maschine einer neuen Feldhäckslergeneration zur Verfügung, die sich durch folgende Vorteile auszeichnet:

- mustergültige Arbeitsqualität
- hohe Durchsatzleistung, Schlagkraft und Zuverlässigkeit
- Sparsamkeit im Kraftstoffverbrauch
- schonende Bodenbehandlung
- bestmögliche Arbeitsbedingungen.

A 6018

Stand und Tendenzen der Entwicklung von selbstfahrenden Schwadmähern

Dr.-Ing. K. Schmidt

Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben

1. Einleitung

Selbstfahrende Schwadmäher werden international hauptsächlich in den Verfahren der Welksilage- und Heuproduktion sowie bei der Produktion von Druschfrüchten (Getreide, Hülsenfrüchte, Sonderkulturen) eingesetzt. In Abhängigkeit von der jeweiligen Verfahrensgestaltung ist die Bedeutung des selbstfahrenden Schwadmähers für die einzelnen Produktionsverfahren im internationalen Maßstab sehr unterschiedlich. Auf dem bisherigen DDR-Gebiet und in den osteuropäischen Ländern (ausgenommen einige Gebiete der UdSSR) stellt das Mähen in Verbindung mit trocknungsbeschleunigendem Aufbereiten und Schwadlegen von Halmfutter in den Verfahren der Welksilage- und Heupro-

duktion die vorwiegende Einsatzaufgabe des selbstfahrenden Schwadmähers dar. Für die einheimische Landwirtschaft ist er zugleich das bestimmende Mechanisierungsmittel im Rahmen der Halmfuttermahd. Der internationale Stand der Technik und die erkennbaren Entwicklungstendenzen speziell für diesen Einsatzbereich sind somit von besonderem Interesse.

2. Zur Struktur selbstfahrender Schwadmäher

Für den zu betrachtenden Einsatzbereich

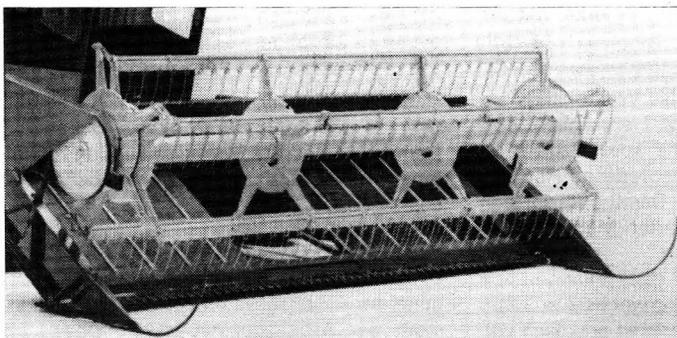
Bild 2
Selbstfahrender Schwadmäher New Holland 1495 mit Schrägschubhaspel [4]

sind folgende Teilsysteme des selbstfahrenden Schwadmähers strukturbestimmend:

- Grundmaschine
- Halmfutterschneidwerk
- Halmgutaufbereitungseinrichtung.

Bei allen bislang produzierten und auf dem internationalen Markt gegenwärtig im Angebot vorhandenen selbstfahrenden Schwadmähern ist das Schneidwerk der Grundmaschine im Frontanbau zugeordnet. Diese charakteristische Anordnungsvariante der Teilsysteme zeichnet sich durch folgende Vorteile aus:

Bild 1. Feldfutterschneidwerk mit Tuchförderer [3]



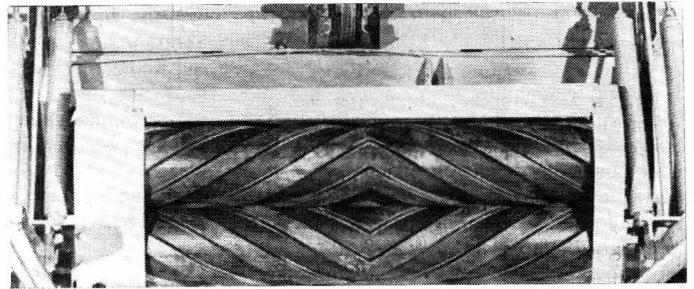


Bild 4. Moderne Halmgutaufbereitungseinrichtung eines selbstfahrenden Schwadmähers

◀ Bild 3. Selbstfahrender Schwadmäher Promill A 10 – Schneidwerk mit Mäh-scheiben [5]

- gute ergonomische Bedingungen für die Beobachtung des Erntevorgangs
- gute Manövrierfähigkeit
- große Variabilität bei der Adapterzuordnung
- gute Bedingungen für die Kraftübertragung zwischen Grundmaschine und Adapter
- Realisierung hoher Arbeitsgeschwindigkeiten und damit großer Flächenleistungen.

Nachteilig wirkt sich bei dieser Konzeption vor allem aus der Sicht der Minimierung der Bodenbelastung die ungleichmäßige Masseverteilung, d. h. die hohe Massekonzentration im Bereich der Vorderachse, aus. Bei den gegenwärtigen Erzeugnissen stützen sich im Betriebszustand rd. $\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ der Maschinenmasse auf der Vorderachse ab [1]. Die Bestückung der Triebbradachse mit großvolumigen Niederdruckreifen und die immer stärkere Orientierung auf massereduzierte Konstruktionen werden derzeit als wirkungsvollste Maßnahmen angesehen, um diesen Mangel weitestgehend zu kompensieren. Vor allem in der Patentliteratur erkennbare Bestrebungen, die Effektivität des Einsatzes selbstfahrender Schwadmäher durch andere Anordnungsvarianten der Teilsysteme zu erhöhen (z. B. zwei Schneidwerke an einer Grundmaschine oder mechanische Kopplung von zwei selbstfahrenden Schwadmähern und ihre Bedienung durch einen Mechanisator), haben bislang nicht zu praxisrelevanten Lösungen geführt [2].

3. Halmfutterschneidwerke

Für die Halmfutterernte werden derzeit in Verbindung mit dem selbstfahrenden Schwadmäher vorrangig Schneidwerke mit Arbeitsbreiten zwischen 3 m und 5 m eingesetzt. Um unterschiedlichsten Ansprüchen Rechnung tragen zu können, bieten die führenden Hersteller für einen Schwadmähergrundtyp zunehmend komplette Schneidwerksbaureihen mit gestaffelten Arbeitsbreiten an. Die gegenwärtig den Stand der Technik bestimmenden Schneidwerke sind wie folgt gekennzeichnet:

- Schneideinrichtung mit oszillierenden Schneidelementen (zumeist wahlweise in den Rüstvarianten Finger und Doppelmesser)
- Haspel, die den Schnitt- und Fördervorgang unterstützt
- Querförderschnecke.

Charakteristisch für das Arbeitsprinzip sind das mittige Zusammenführen des Mähgutes nach dem Schnitt, die nachfolgende Ablage

zwischen den Triebädern der Grundmaschine bzw. die Übergabe des gebildeten Mähgutstroms an eine nachgeordnete Halmgutaufbereitungseinrichtung. Vereinzelt finden statt der Querförderschnecke auch geteilte Tuchförderer Anwendung, die neben der mittigen auch eine seitliche Gutablage (links oder rechts) ermöglichen (Bild 1). Verschiedene Veröffentlichungen belegen, daß unter dem Gesichtspunkt der Optimierung des diesen Schneidwerken zugrunde liegenden Schneidprinzips international große Anstrengungen unternommen werden, um die Schnittqualität zu verbessern, die Klingenzustandzeit zu erhöhen, eine höhere Fingerqualität zu erzielen sowie den Messerantrieb leichter und einfacher zu gestalten. Obwohl die führenden Hersteller von Schwadmähern an der konventionellen Schneidwerkskonzeption auch bei ihren neuesten Erzeugnissen weitestgehend festhalten, deutet sich durch verschiedene Einzelentwicklungen und hinterlegte Patente ein Trend dahingehend an, durch Kopplung von Funktionen und Strukturen den Schneidwerksaufbau einfacher und materialsparender zu gestalten. Ausdruck hierfür sind Lösungen, die darauf orientieren, statt mit der Kombination Haspel-Querförderschnecke bzw. Tuchförderer den notwendigen Längs- und Querförderaufgaben allein durch eine modifizierte Haspelrechnung zu tragen [2]. So stellte die Firma New Holland (USA) mit dem Modell 1495 eine Konstruktion vor, bei der das Mähgut über speziell gesteuerte Zinken zur Schneidwerksmitte hin zusammengeführt wird (Bild 2). Die Zinken beschreiben hier nicht die typischen Kreisbahnen, sondern Ellipsenbahnen. Auf ähnliche Lösungen wird auch in verschiedenen Patenten hingewiesen. Der Grund dafür, daß sich derartige Konstruktionen noch nicht stärker durchsetzen konnten, sind offensichtlich die bestehenden Einschränkungen bei der Querförderung gegenüber der konventionellen Querförderschnecke. Ihre Anwendung beschränkt sich somit zunächst auf Schneidwerke mit Arbeitsbreiten bis maximal 3,50 m [2]. Obwohl oszillierende Schneideinrichtungen in Verbindung mit dem selbstfahrenden Schwadmäher den Stand der Technik bestimmen, kommt seit Anfang der 80er Jahre auch das Rotationsprinzip immer mehr ins Gespräch. Einen sehr leistungsfähigen Typvertreter stellt der Schwadmäher A 10 (Bild 3) der Fa. Promill (Frankreich) dar. Das Schneidwerk unterscheidet sich grundlegend im Aufbau von dem konventioneller Schwadmäher-schneidwerke. Die funktionsbestimmenden

Baugruppen sind hier eine Schneideinrichtung mit rotierenden Schneidelementen (Arbeitsprinzip Scheibenmähwerk) und eine dahinter angeordnete, eine seitliche Gutförderung und -ablage realisierende Querförderschnecke. Als besondere Vorteile werden eine hohe Fahrgeschwindigkeit (bis 16 km/h), damit verbundene hohe Flächenleistungen und eine geringere Störanfälligkeit angegeben. Gegen derartige Lösungen spricht der prinzipbedingt um das 3- bis 4fach höhere Antriebsleistungsbedarf.

4. Halmgutaufbereitungseinrichtungen

Mit der Aufbereitung des Mähgutes wird das Ziel verfolgt, für die Verfahren der Welkgut- und Heuproduktion optimale Trocknungsbedingungen auf dem Feld bereits mit dem Mähprozeß einzuleiten. Dadurch können günstige Witterungsperioden besser ausgenutzt und somit Nährstoff- und Qualitätsverluste begrenzt werden.

In Verbindung mit dem selbstfahrenden Schwadmäher nimmt die Halmgutaufbereitungseinrichtung gegenwärtig die Stellung einer wahlweise einsetzbaren Zusatzausrüstung ein. Verwendung findet ausschließlich das Arbeitsprinzip des Walzenaufbereiters. Der internationale Entwicklungsstand ist durch den zunehmenden Einsatz von breitflächig wirkenden Quetschwalzen mit zumeist schneckenförmig profilierten Gummibelägen gekennzeichnet (Bild 4). Für die meisten in der Praxis zur Anwendung kommenden Erzeugnisse ist charakteristisch, daß die überwiegend als kompakte Baueinheit gestaltete Einrichtung im Bereich der Triebbradachse der Grundmaschine angebracht ist, das Mähgut direkt von einem mittig abgebenden Schneidwerk übernommen und zwischen den Hinterrädern in einem Schwaden abgelegt wird. Vereinzelt ist sie auch unmittelbar an das Schneidwerk angeflanscht [2]. Der derzeit noch im Schwadmäher E 303 eingesetzte Knicker E 313 stellt eine Einrichtung mit unzureichender Aufbereitungswirkung dar. Bei künftigen Weiterentwicklungen ist er durch ein neues, entsprechend dem fortgeschrittenen Erkenntnisstand verbessertes Erzeugnis zu ersetzen.

Eine weitaus größere Bedeutung als zur Aufbereitung des Pflanzenmaterials hat der Knicker E 313 momentan bei der Realisierung der Breit- und Seitenschwadablage im Zusammenwirken mit den bekannten Leitblechen, womit Pionierleistungen erbracht worden sind. Vergleichbare einfache Lösungen zur Gestaltung unterschiedlicher Gutablagevarianten sind darüber hinaus nicht bekannt. In-

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 massesparende 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 Lärmbelastung, 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 (Heuaufrüstung), 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 |