

# Abhängigkeit zwischen Durchsatz und technisch-ökonomischen Parametern konventioneller Mähdrescher

Dr.-Ing. R. Wojtasiewicz, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Technologie der Instandsetzung

## 1. Einleitung

Die im Verlauf der Mähdrescherentwicklung erreichte Durchsatzserhöhung war in der Tendenz stets mit einer Vergrößerung der einzelnen Arbeitsorgane und demzufolge der gesamten Maschine verbunden. Die Abmessungen der leistungsstärksten Mähdrescher sind an den durch die StVO bestimmten Grenzen angelangt, die Maschinenmasse hat einen Wert von 10 bis 13 t erreicht. Daraus ergibt sich die Frage, ob eine weitere Durchsatzserhöhung bei Beibehaltung der bisherigen, konventionellen Lösungen technisch realisierbar und ökonomisch vertretbar ist.

## 2. Klassifizierung von Mähdreschern

In der Welt werden gegenwärtig Mähdrescher unterschiedlicher Bauform produziert. Im Ergebnis einer intensiven Forschungs- und Entwicklungsarbeit wurden in den Hauptbaugruppen grundsätzliche Veränderungen durchgeführt. Der Inhalt des Begriffs „Mähdrescher konventioneller Bauform“ hat sich demzufolge im Laufe der Zeit verändert. Ausgehend von den unterschiedlichen Mähdrescherbauformen ist es im Interesse einer exakten Begriffsbestimmung zweckmäßig, eine Klassifizierung der Mähdrescher vorzunehmen. Die Mähdrescher werden vorzugsweise nach folgenden technischen Kriterien klassifiziert (vgl. Bild 1):

- Art des Antriebs und der Fortbewegung
- Fließrichtung des Dreschgutes innerhalb der Maschine
- Art des Dreschwerks
- Art des Fahrwerks.

In den letzten Jahren wurden mehrere neue Lösungen des Dreschwerks in die Produktion eingeführt. Demzufolge bildet bei vielen Ausarbeitungen die Klassifizierung anhand des Kriteriums „Art des Dreschwerks“ den Ausgangspunkt für die Einteilung der Mähdrescher.

Die in der Produktion befindlichen Dreschwerke (und dementsprechend auch Mähdrescher) werden wie folgt untergliedert:

- Tangentialflußdreschwerke (Tangentialflußmähdrescher)
- Axialflußdreschwerke (Axialflußmähdrescher).

Die Tangentialflußdreschwerke können weiter unterteilt werden nach

- Anzahl der Dreschtrommeln in
  - Tangentialflußdreschwerke mit einer Dreschtrommel
  - Tangentialflußdreschwerke mit zwei oder mehreren Dreschtrommeln
- Art der Arbeitsorgane zur Kornabscheidung in
  - Tangentialflußdreschwerke mit Strohschüttler
  - Tangentialflußdreschwerke mit Zylinderabscheider
  - Tangentialflußdreschwerke mit Rotationsabscheider.

Die Axialflußdreschwerke können analog zu den Tangentialflußdreschwerken nach der Anzahl der Rotoren in

- Axialflußdreschwerke mit einem Rotor
- Axialflußdreschwerke mit zwei parallel zueinander angeordneten Rotoren eingeteilt werden.

Eine weitere Möglichkeit der Gliederung der Axialflußdreschwerke bildet die Anordnung des Rotors zur Fahrtrichtung des Mähdreschers. In diesem Fall wird zwischen Axialflußdreschwerken mit längs und solchen mit quer zur Mähdrescherfahrtrichtung angeordneten Rotoren unterschieden. Die zweite Lösung hat aufgrund der durch die zulässige Transportbreite gegebenen Einschränkungen in Europa noch keine Anwendung gefunden.

Im weiteren werden als „Mähdrescher konventioneller Bauform“ Mähdrescher mit einem Tangentialfluß-Schlagleistendreschwerk mit Strohschüttler verstanden. Im Interesse einer weiteren Einschränkung werden im folgenden nur selbstfahrende Mähdrescher mit Radfahrwerk betrachtet, die etwa 90 % des gesamten Mähdrescherbestands ausmachen.

## 3. Entwicklung der technischen Parameter des Mähdreschers

Um die Möglichkeiten und Grenzen der weiteren Entwicklung des konventionellen Mähdreschers zu bestimmen, war es notwendig, die Auswirkungen der Steigerung des Durchsatzes auf die technischen Parameter des Mähdreschers zu ermitteln [1].

### 3.1. Entwicklung der Außenabmessungen und der Maschinenmasse

Ergebnisse eigener Untersuchungen haben

schwindigkeit, Durchsatz und Kornfeuchte sowie ein optimaler spezifischer Kraftstoffverbrauch in Abhängigkeit vom Korndurchsatz gefunden werden.

### Literatur

- [1] Rasch, D.: Einführung in die Biostatistik. Berlin: VEB Dt. Landwirtschaftsverlag 1983.
- [2] Feiffer, P.; Ardenne, A. v.: Tabellenschieber für leistungsabhängige Einstellung aller Arbeitsorgane für Mähdrescher E 512/E 516. VEB Thermometerbau Quedlinburg 1980. A4214

die Aussagen von Regge [2], Roszkowski [3] und anderen Autoren bezüglich der Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Bau-raums bei den konventionellen Mähdreschern der höchsten Leistungsklassen (Durchsatz rd. 10 kg/s) bestätigt. Da in der nächsten Zeit keine Veränderungen der gesetzlichen Bestimmungen bezüglich der maximalen Abmessungen der Maschinen für den Straßentransport zu erwarten sind, besteht keine Notwendigkeit zur weiteren Untersuchung der Entwicklung der Außenabmessungen. Von Bedeutung ist die Entwicklung der Maschinenmasse. Die Vergrößerung der Maschinenmasse mit steigendem Durchsatz (vgl. [4]) bei gleichzeitiger Einhaltung der zulässigen Transportbreite und demzufolge einer relativ konstanten Reifenbreite hat zu einer wesentlichen Steigerung des Bodendrucks bei den größten Mähdreschern geführt. Zu den wichtigsten Ursachen der Steigerung der Maschinenmasse zählt neben der Erweiterung der Ausstattung des Mähdreschers (z. B. Einführung der Fahrerkabine) die Vergrößerung des Kornbunkers, der bei den größten Mähdreschern ein Volumen von 6 bis 7 m<sup>3</sup> erreicht. Das Kornbunkervolumen steht in einer direkten Beziehung zur Maschinenmasse, weil ein höheres Kornbunkervolumen eine Verstärkung der gesamten Konstruktion des Mähdreschers erfordert. Für die Bestimmung des Bodendrucks ist jedoch nicht nur die Maschinenmasse, sondern auch die Masse des im Kornbunker eingespeicherten Kornes von Bedeutung. Bei vollem Kornbunker erreicht z. B. ein Mähdrescher mit dem Durchsatz von 10 kg/s, einer Maschinenmasse von 10 000 kg und einem Kornbunkervolumen von 6 m<sup>3</sup> eine Gesamtmasse von rd. 15 000 kg.

Im Interesse der Verringerung der Maschinen- und Gesamtmasse sowie des Bodendrucks wurden in den USA Versuche unternommen, den Kornbunker durch einen Spezialanhänger zu ersetzen. Diese Lösung erscheint vorteilhaft und anwendbar, da sie einerseits eine weitere Steigerung des Speichervermögens ermöglicht und andererseits bestimmte Tragkonstruktionen schwächer dimensioniert werden können. Es muß jedoch untersucht werden, welche Auswirkung die Arbeit mit einem Anhänger auf den energetischen Wirkungsgrad des Fahrwerks, die Mobilität und die Flächenkapazität des Mähdreschers hat.

### 3.2. Relation zwischen Arbeitsbreite und Durchsatz

Für die Einsatzmöglichkeiten und für die optimale Leistungsausschöpfung des Mähdreschers ist die Relation zwischen der Arbeitsbreite und dem Durchsatz von besonderer Bedeutung. Im Bild 2 ist ein Vergleich des theoretischen Verlaufes mit dem tatsächlichen Verlauf der Abhängigkeit zwischen Arbeitsbreite  $b_A$  in m und Durchsatz  $\dot{m}$  in kg/s dargestellt.

Fortsetzung von Seite 155

arbeiten. Deshalb wurden im Jahr 1983 experimentelle Untersuchungen an Mähdreschern unter Feldbedingungen durchgeführt. Mit Hilfe einer sorgfältigen Versuchsplanung sollte eine Methodik zur rationellen Meßwertgewinnung mit hoher Aussagesicherheit erarbeitet werden. Im Ergebnis der Untersuchungen konnten eine gute Beschreibung des Verlustwerts in Abhängigkeit von Maschineneinstellwerten, Fahrge-

Der theoretische Verlauf ergibt sich zu

$$b_A = \frac{100 \dot{m}}{v e \left(1 + \frac{1}{a}\right) Q} \quad (1)$$

für folgende Einsatzbedingungen berechnet:

Ertrag  $Q = 40 \text{ dt/ha}$   
 Kornanteil  $a = 0,83$   
 Ausnutzung der Arbeitsbreite  $e = 0,95$   
 Arbeitsgeschwindigkeit  $v = 1,5 \text{ m/s}$

Der tatsächliche Verlauf, dem die gleichen Einsatzbedingungen wie bei der Berechnung des theoretischen Verlaufs zugrunde gelegt wurden, weicht bei den höheren Leistungsklassen deutlich nach unten ab. Das heißt, daß die leistungsstärksten Mähdrescher eine geringere spezifische Arbeitsbreite (bezogen auf den Durchsatz von 1 kg/s) haben als die Mähdrescher der kleineren Leistungsklassen. Aus diesem Sachverhalt leiten sich wichtige Schlußfolgerungen für den Mähdreschereinsatz ab.

Da die Arbeitsgeschwindigkeit bestimmte Grenzen nicht überschreiten darf, eignen sich die leistungsstarken Mähdrescher besser für Schläge mit höheren Erträgen (über 40 dt/ha). Diese Feststellung wurde von Herrmann [5] anhand von technologischen Versuchen mit Mähdreschern E 512 und E 516 bestätigt.

### 3.3. Relationen zwischen den Parametern des Dreschwerks und dem Durchsatz

Die Steigerung des Durchsatzes von 8 auf 10 bis 12 kg/s wurde meist bei einer konstanten Dreschkanalbreite erreicht. Die spezifische Belastung der Drescheinrichtung ist demzufolge erheblich angestiegen.

Von Kanafojski [6] wurde Ende der sechziger Jahre die obere Grenze der Belastung der Drescheinrichtung von 2,5 kg/s je 1 m Dreschkanalbreite angegeben. Gegenwärtig beträgt die spezifische Belastung der Drescheinrichtung bei den Mähdreschern der oberen Leistungsklasse rd. 8 kg/s je 1 m Dreschkanalbreite (Bild 3). Da bei steigender Belastung der Drescheinrichtung die Kornabscheidung am Dreschkorb relativ zurückgeht, muß ein größerer Anteil der Körner durch den Strohschüttler abgeschieden werden, wenn das Kornverlustniveau gleich bleiben soll. Die Untersuchungen der Relation zwischen Schüttlerfläche und Dreschkanalbreite haben diese Schlußfolgerung bestätigt. Die ermittelten Werte lassen erkennen, daß mit zunehmendem Durchsatz die Schüttlerfläche schneller ansteigt als die Dreschkanalbreite. Dabei muß jedoch beachtet werden, daß die spezifische Schüttlerfläche (bezogen auf den Durchsatz von 1 kg/s) mit steigendem Durchsatz zurückgeht. Die spezifische Schüttlerfläche beträgt bei Mähdreschern der unteren Leistungsklassen (Durchsatz 3 bis 4 kg/s) rd.  $1,2 \text{ m}^2 \cdot \text{s/kg}$  und bei Mähdreschern der oberen Leistungsklassen  $0,8 \text{ m}^2 \cdot \text{s/kg}$ . Demzufolge muß sich mit steigendem Durchsatz der Abscheidegrad am Strohschüttler verbessern. Als Beispiel für die Verbesserung des Abscheidegrades am Strohschüttler sei der Mähdrescher E 514 angeführt. Durch konstruktive Veränderungen der Strohleittrommel und des vorderen Schüttlerabschnitts konnte der Durchsatz des Mähdreschers E 514 im Vergleich zum E 512 um 20 % erhöht werden. Der Abscheidegrad am Strohschüttler ist auch durch zusätzliche Arbeitselemente über dem Schüttler

Bild 1  
Klassifizierung von Mähdreschern

		Bauform	
Art des Antriebs und der Fortbewegung		Selbstfahrende Mähdrescher	
		Aufbaumähdrescher für Maschinenträger	
		Anbau- und Aufbaumähdrescher für Traktoren	
		gezogene Mähdrescher mit Zapfwellenantrieb	
		gezogene Mähdrescher mit Aufbaumotor	
Fließrichtung des Dreschagates		Querflußmähdrescher	
		Quer- und Längsflußmähdrescher	
		Längsflußmähdrescher (T-Fluß)	
Art des Dreschwerks		Tangentiaflußmähdrescher	Art der Arbeitsorgane zur Kornabscheidung
			mit Strohschüttler
Art des Dreschwerks		Axialflußmähdrescher	Anzahl der Dreschtrummeln
			mit Zylinderabscheider
Art des Dreschwerks		Axialflußmähdrescher	Anzahl der Rotoren
			mit Rotationsabscheider
Art des Dreschwerks		Axialflußmähdrescher	Anzahl der Rotoren
			mit einer Dreschtrummel
Art des Dreschwerks		Axialflußmähdrescher	Anzahl der Rotoren
			mit mehreren Dreschtrummeln
Art des Dreschwerks		Axialflußmähdrescher	Anzahl der Rotoren
			mit mehreren Rotoren
Art des Dreschwerks		Axialflußmähdrescher	Anzahl der Rotoren
			mit längs angeordnetem Rotor
Art des Führwerks		Radmähdrescher	
		Gleiskettenmähdrescher mit Lenkrädern	
Art des Führwerks		Gleiskettenmähdrescher	

positiv zu beeinflussen. Der Durchsatzanstieg durch Anwendung mechanischer Schüttlerhilfen ist jedoch relativ gering und wird auf rd. 10 % geschätzt [3].

Für die spezifische Belastbarkeit der Reinigung wurden in den sechziger Jahren auf der Grundlage theoretischer Untersuchungen Werte von 1,5 bis 2,5 kg/s je  $1 \text{ m}^2$  Reinigungsfläche angegeben [6]. Die Ergebnisse eigener Untersuchungen [1] haben diese Werte bestätigt. Daraus kann die Schlußfolgerung gezogen werden, daß im Unterschied zum Anstieg der spezifischen Belastung der Drescheinrichtung und Schüttlerfläche die spezifische Belastung der Reinigung konstant geblieben ist.

### 3.4. Entwicklung der Motorleistung und des Kraftstoffverbrauchs

Zwischen der Motorleistung und dem Durchsatz besteht bei konventionellen Mähdreschern eine lineare Abhängigkeit. Die spezifische Motorleistung, bezogen auf den Durchsatz von 1 kg/s, ist vom Durchsatz

weitgehend unabhängig und beträgt im Durchschnitt 14 bis 15  $\text{kW} \cdot \text{s/kg}$ . Analog zur Motorleistung entwickelt sich der Kraftstoffverbrauch. Eigene Untersuchungen [1] haben eine Proportionalität zwischen Kraftstoffverbrauch und Durchsatz bestätigt. Der spezifische Kraftstoffverbrauch ist dementsprechend vom Durchsatz unabhängig und beträgt, unter Laborbedingungen gemessen, im Durchschnitt  $4 \text{ l} \cdot \text{s/kg} \cdot \text{h}$  [1]. Zwischen den einzelnen Mähdreschertypen bestehen bezüglich der Motorleistung und dem Kraftstoffverbrauch noch wesentliche Differenzen, die nur teilweise durch die unterschiedlichen Einsatzbedingungen und den Anbau von Zusatzgeräten (z. B. Strohpresse) zu erklären sind. Im Interesse der Steigerung der Effektivität des Mähdreschereinsatzes ist es erforderlich, weitere Untersuchungen auf dem Gebiet der Optimierung der Motorleistung zu führen.

### 4. Entwicklung der Verfahrenskosten

Die Verfahrenskosten beim Mähdrescher

Bild 2. Vergleich der Ergebnisse der Untersuchungen zur Abhängigkeit zwischen Arbeitsbreite  $b_A$  und Durchsatz  $\dot{m}$  mit dem theoretischen Verlauf der Abhängigkeit;  
 - - - - theoretischer Verlauf  
 — experimentell ermittelter Verlauf

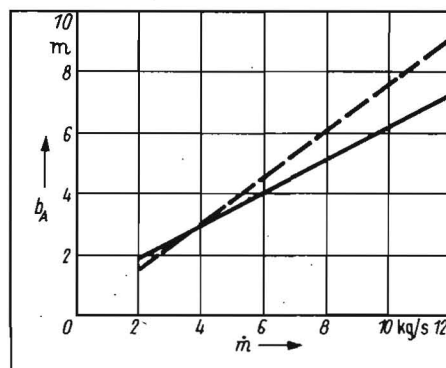
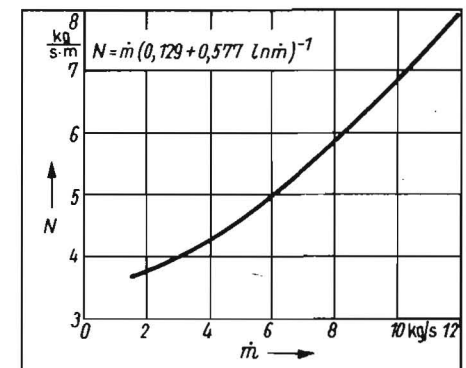


Bild 3. Entwicklung der Belastung der Drescheinrichtung  $N$  mit steigendem Durchsatz  $\dot{m}$



werden in entscheidendem Maß durch die Abschreibungs-, Instandsetzungs- und Kraftstoffkosten sowie durch die Kosten der lebendigen Arbeit bestimmt [7]. Aus der Analyse dieser vier Kostenarten können Rückschlüsse auf die gesamten Verfahrenskosten gezogen werden. Eigene Untersuchungen haben ergeben, daß unter der Voraussetzung einer annähernd gleichen Ausnutzung in der gesamten Nutzungsdauer die maschinenbezogenen spezifischen Verfahrenskosten nahezu konstant sind. Das bedeutet, daß mit steigendem Durchsatz eine Verringerung der spezifischen Verfahrenskosten infolge der Steigerung der Arbeitsproduktivität und der Senkung der Aufwendungen für die lebendige Arbeit eintritt. Diese Aussage gilt jedoch nur für die bisher bekannten Leistungsklassen des konventionellen Mähdreschers (Durchsatz max. 12 kg/s). Eine Extrapolation dieser Tendenz auf Mähdrescher, die für eine höhere Leistung projektiert werden, ist nicht zulässig, weil eine weitere Steigerung des Durchsatzes auf dem extensiven Weg,

d. h. durch eine Vergrößerung der Arbeitsorgane, nicht mehr möglich ist.

### 5. Zusammenfassung

Die konventionellen Mähdrescher bilden gegenwärtig den Hauptanteil an der gesamten Mähdrescherproduktion. Durch die Intensivierung der Prozeßabläufe konnten bei Beibehaltung der konventionellen Bauform Durchsätze von 12 kg/s erreicht werden. Eine weitere Steigerung des Durchsatzes ist aufgrund der hohen spezifischen Belastung der Drescheinrichtung in nur geringem Umfang möglich. Die Konstruktion des konventionellen Mähdreschers hat jedoch noch einige Effektivitätsreserven, die durch weitere Forschungsarbeit zu erschließen sind. Dabei sollte der Verringerung der spezifischen und der absoluten Maschinenmasse sowie der Optimierung der Motorleistung eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

### Literatur

[1] Wojtasiewicz, R.: Untersuchungen zur Entwick-

lung von technisch-technologischen und ökonomischen Parametern von Mähdreschern. IH Berlin-Wartenberg, Dissertation A 1984 (unveröffentlicht).

- [2] Regge, H.: Zu einigen Aufgaben der Forschung in der Mähdrescherentwicklung. Wissenschaftliche Beiträge der MLU Halle-Wittenberg, 25 (1976), S. 49-63.
- [3] Roszkowski, A.: Kierunki rozwoju konstrukcji kombajnów zbożowych (Entwicklungsrichtungen der Mähdrescherkonstruktion). Mechanizacja Rolnictwa, Warszawa 29 (1980) 10, S. 16-31.
- [4] Wojtasiewicz, R.: Untersuchungen zur technischen Entwicklung des Mähdreschers. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 10, S. 449-451.
- [5] Herrmann, K.: Anforderungen an die Verfahren der Getreideproduktion und deren Mechanisierung. Getreidewirtschaft, Berlin (1984) 11, S. 250-254.
- [6] Kanafojski, C.: Halmfruchterntemaschinen. Berlin: VEB Verlag Technik 1975, S. 165-215.
- [7] Wojtasiewicz, R.: Untersuchungen zum Mähdreschereinsatz in der LPG P Linum. IH Berlin-Wartenberg, Forschungsbericht 1981 (unveröffentlicht). A 4368

## Aspekte der Anwendung optimierter Schnitthöhen beim Mähdrusch

Dipl.-Ing. M. Axmann, Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik

### Problemstellung

Der Mähdrusch wird nach wie vor als ein dominierendes Getreideernteverfahren eingeschätzt. Seine Effektivität ist neben organisatorischen Fragen wesentlich von den Einsatzbedingungen abhängig. Žukov und Lipkovič [1] veranschaulichen dies in einem Nomogramm (Bild 1). Bei gleichem Kornertrag wird durch geringeren Strohteil eine deutlich höhere Flächenleistung erreicht. Werden dazu Feuchte und Verunkrautung des Druschguts gesenkt, erhält man einen weiteren Kapazitätzuwachs. Voraussetzung dafür ist ein Bestand mit geringer Lagerneigung. Somit könnten Kenngrößen, wie spezifischer Material- und Energieeinsatz, Arbeitszeitbedarf u. a., spürbar verbessert werden.

Žalnin [2] stellt den gleichen Sachverhalt in Form von Korrekturfaktoren für die Arbeitsplanung dar (Tafel 1). Die effektiv erreichbare Flächenleistung hängt dabei von der Feuchte des Druschguts, seiner Verunkrautung sowie der Lagerneigung des Bestands ab und ist artenspezifisch. Kornanteil, Halm-länge, Feuchte und Verunkrautung des Druschguts sind also als wesentliche Einflußgrößen anzusehen.

### Einige Entwicklungstendenzen

In der Literatur finden sich zahlreiche Hinweise und Vorschläge, durch gezielte Einflußnahme auf o. g. Kriterien die Leistungsfähigkeit der Erntemaschinen zu erhöhen. Grundgedanke ist dabei, nur Ähren oder obere Halmteile des Getreides zur Trennung aufzunehmen. Mit der Entwicklung mobiler Getreideerntemaschinen wurde wiederholt auf die Möglichkeit des Hochschnittes verwiesen.

In [3] wird angegeben, daß nach dem Hochschnittprinzip arbeitende Mähdrescher in den USA bei vergleichbarer Maschinen-größe eine bis zu 50 % höhere Kapazität er-

reichen als europäische, die für normale Schnitthöhen vorgesehen sind. Für die Ernte langhalmiger und ertragreicher Bestände empfehlen sowjetische Autoren vergrößerte Schnitthöhen, so Žalnin [2] 25 bis 30 cm, Ko-

renev und Tarasenko [4] bis 40 cm sowie Krivosin u. a. [5] 30 bis 35 cm. Aus Australien sind die Anwendung von Strippermähdreschern [6] und der Einsatz von Mähdreschern nach dem Hochschnittprinzip be-

Bild 1. Nomogramm zur Ermittlung effektiver Flächenleistungen eines Mähdreschers in Abhängigkeit von Kornertrag, Korn-Stroh-Verhältnis, Feuchte und Verunkrautung des Druschguts sowie Lagerneigung im Bestand nach [1] (bezogen auf den Mähdrescher SK-5 „Niva“)

