

Untersuchungen zur technischen Entwicklung des Mähdreschers

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

1. Einleitung

Aus dem Erfordernis der Steigerung der Effektivität und vor allem der Arbeitsproduktivität bei der Getreideernte leiten sich neue Anforderungen an den Mähdrescher ab. Für die Bestimmung der Entwicklungsrichtungen in der Mähdrescherkonstruktion ist es notwendig, die Konsequenzen der Vergrößerung des Durchsatzes zu ermitteln. Die vorliegenden Untersuchungen zur technischen Entwicklung des Mähdreschers hatten das Ziel, mögliche Abhängigkeiten zwischen bestimmten technischen Parametern und dem Durchsatz von selbstfahrenden Mähdreschern mit Tangentialflußdreschwerk nachzuweisen sowie die Entwicklung dieser Abhängigkeiten im Zeitraum von 1960 bis 1981 darzustellen.

2. Entwicklungsrichtungen in der Mähdrescherkonstruktion

In den letzten Jahren war zu beobachten, daß in der UdSSR, in den USA und von führenden westeuropäischen Firmen verstärkt nach neuen Lösungen im Mähdrescherbau gesucht wird [1]. Nach [2] werden folgende Tendenzen deutlich:

- Erhöhung des Durchsatzes über 10 kg/s mit Hilfe des Axialflußdreschwerkes oder größerer Dreschtrommeldurchmesser (Untersuchungen in der UdSSR mit Dreschtrommeldurchmessern über 1 m)
- Vervollkommnung bekannter und Einführung neuer Lösungen, wie Mehrtrommeldreschwerk, Ersatz von Stahlschlagleisten durch andere Materialien und Anordnung zusätzlicher Werkzeuge über dem Schüttler
- Erhöhung der Arbeitsbreite auf 10 m
- breite Anwendung von Automatisierungseinrichtungen.

Aus den Entwicklungstendenzen lassen sich zwei Hauptrichtungen ableiten:

- Anwendung von prinzipiell neuen Lösungen (z. B. Axialflußdreschwerke, Mehrtrommeldreschwerke)
- Veränderungen in den Baugruppen des Mähdreschers mit Eintrommel-Tangentialflußdreschwerk.

Gegenwärtig haben die selbstfahrenden Mähdrescher mit breitem Frontschneidwerk

und Tangentialflußdreschwerk mit einer Dreschtrommel den überwiegenden Anteil an der Mähdrescherproduktion in der Welt. Eine breitere Einführung von Mähdreschern mit Axialflußdreschwerken oder Mehrtrommel-tangentialflußdreschwerken wird vor allem durch hohe Anschaffungskosten und durch einen hohen Kraftstoffverbrauch gehemmt. Der Axialflußmähdrescher, der sich in den USA bei der Maisernte bewährt hat und dort z. Z. rd. 10 % des Mähdrescherbestands umfaßt, weist unter europäischen Bedingungen einen um 30 bis 100 % höheren Leistungsbedarf auf [3]. Andererseits weisen von Roszkowski [4] durchgeführte Untersuchungen nach, daß Mähdrescher mit Tangentialflußdreschwerken noch wesentliche Effektivitätsreserven haben. Diese Reserven sind durch konstruktive Änderungen der einzelnen Baugruppen und Anwendung von Automatisierungseinrichtungen sowie durch bessere Auslastung der Arbeitsorgane zu erschließen. Weiterhin wurde nachgewiesen, daß zwischen den Leistungsklassen Unterschiede in bezug auf Verfahrenskosten, spezifischen Aufwand an Konstruktionsmaterialien und andere Kennziffern bestehen.

3. Methode der Untersuchungen

Die Untersuchungen zur technischen Entwicklung des Mähdreschers wurden in folgenden methodischen Schritten durchgeführt:

- Bestimmung des Umfangs der Untersuchungen
- Bestimmung der wichtigsten technischen Parameter des Mähdreschers
- Auswahl einer statistischen Untersuchungsmethode
- Durchführung der Untersuchungen mit Hilfe des Dialogsystems SABINE.

3.1. Umfang der Untersuchungen

Die Untersuchungen erstrecken sich auf 171 Mähdreschertypen, die in den Jahren von 1960 bis 1981 in Europa produziert wurden. Die Mähdrescher wurden nach dem Baujahr in vier Gruppen eingeteilt (Tafel 1). Dabei hat die Zufälligkeit der Stichprobe zu Differenzen zwischen den Gruppen in bezug auf die untersuchten Leistungsklassen geführt.

3.2. Technische Parameter des Mähdreschers

Im Fachbereichstandard TGL 33454/01 „Mähdrescher E 512“ [5] sind als Hauptparameter die Abmessungen für die Transport- und Arbeitsstellung und die Masseangaben zu finden. Für die Beurteilung eines Mähdreschers sind aber weitere Parameter notwen-

dig, die vor allem Auskunft über folgende Hauptbaugruppen geben [6]:

- Antrieb
 - Schneidwerk
 - Dreschwerk
 - Körnerförderung und -speicherung.
- Diese Hauptbaugruppen wurden mit folgenden Parametern beurteilt [7]:
- Motorleistung P_M
 - Schnittbreite b_s
 - Dreschkanalbreite b_k
 - Dreschtrommeldurchmesser d_T
 - Dreschtrommelvolumen V_T
 - Dreschkorbfläche A_k
 - Schüttlerfläche A_s
 - Siebfläche A_R
 - Kornbunkervolumen V_B .

In die Beurteilung der gesamten Maschine wurden folgende Parameter mit einbezogen:

- Transportlänge l_T
- Transportbreite b_T
- Maschinenhöhe h_M
- Maschinenvolumen V_M ,

wobei das Maschinenvolumen als Produkt von Transportlänge, Transportbreite und Maschinenhöhe errechnet wurde.

3.3. Statistische Untersuchungsmethode

Aus den statistischen Methoden zur Untersuchung von stochastischen Zusammenhängen und Abhängigkeiten wurde die Regressionsanalyse ausgewählt. Ausgehend von der Zielstellung der Untersuchungen wurden die technischen Parameter P_T als Zielgrößen und der Durchsatz \dot{m} als Einflußgröße dargestellt:

$$P_T = f(\dot{m}) \quad (1)$$

Da der Durchsatz die einzige Einflußgröße ist, kommt die einfache Regression zur Anwendung.

3.4. Durchführung der Untersuchungen

Die Untersuchungen der Abhängigkeiten der technischen Parameter vom Durchsatz wurden mit Hilfe des Dialogsystems SABINE (Statistische Aufgabenbearbeitung mit interaktiver Nutzereingabe) [8] mit folgendem Ansatz durchgeführt:

$$P_T = b_0 + b_1 \dot{m}; \quad (2)$$

b_0, b_1 Regressionskoeffizienten.

Durch eine Transformation der Einflußgröße war es möglich, auch mit nichtlinearen Ansätzen zu arbeiten:

$$P_T = b_0 + b_1 \frac{1}{\dot{m}} \quad (3a)$$

$$P_T = b_0 + b_1 \dot{m}^2 \quad (3b)$$

$$P_T = b_0 + b_1 \dot{m}^3 \quad (3c)$$

$$P_T = b_0 + b_1 \ln \dot{m}. \quad (3d)$$

Fortsetzung von Seite 448

Nutzungsdauer wirkt positiv auf die Ersatzteilwirtschaft.

Die zahlreichen Zusatzausrüstungen und die Gestaltung des Grundmodells als Baukastensystem ermöglichen den Einsatz des E 514 für alle Druschfrüchte unter den verschiedenen klimatischen Bedingungen.

Eine systematische Arbeit, gestützt auf wissenschaftliche Erkenntnisse und verbunden mit praktischen Ergebnissen aus dem Anwenderbereich, lieferte den Beweis einer erfolgreichen Weiterentwicklung derzeit vorhandener Mähdrescher im VEB Kombinat Fortschritt.

Die Anerkennung auf Messen und im Anwenderbereich verspricht dem E 514 eine gute Absatzperspektive.

A 3812

Tafel 1. Umfang der Untersuchungen

Baujahr	Untersuchungsgruppe	Anzahl der Mähdreschertypen	Korndurchsatz in kg/s
1960-1965	Gruppe 1	37	0,5 ... 4
1966-1970	Gruppe 2	35	1 ... 3,6
1971-1975	Gruppe 3	51	1 ... 4,2
1976-1981	Gruppe 4	48	1 ... 5,5

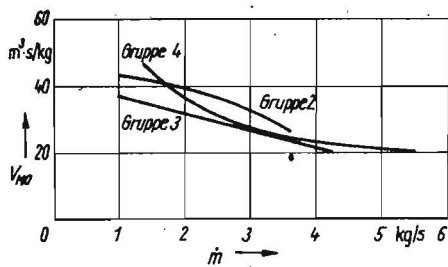


Bild 1. Abhängigkeit zwischen spezifischem Maschinenvolumen V_{M0} und Durchsatz \dot{m} (r , errechneter Korrelationskoeffizient);
 Gruppe 2: $V_{M02} = 45 - 1,47 \dot{m}$
 $r_{e2} = 0,586$
 Gruppe 3: $V_{M03} = 45 - 5,22 \dot{m}$
 $r_{e3} = -0,583$
 Gruppe 4: $10,84 + 50,06 \frac{1}{\dot{m}}$
 $r_{e4} = 0,861$

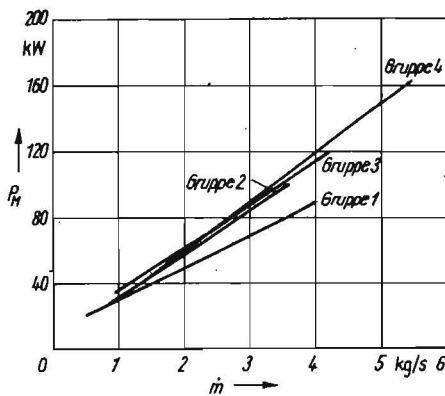


Bild 3. Abhängigkeit zwischen Motorleistung P_M und Durchsatz \dot{m} ;
 Gruppe 1: $P_{M1} = 11,4 + 19,25 \dot{m}$
 $r_{e1} = 0,893$
 Gruppe 2: $P_{M2} = 5,357 + 25,84 \dot{m}$
 $r_{e2} = 0,941$
 Gruppe 3: $P_{M3} = 10,90 + 25,41 \dot{m}$
 $r_{e3} = 0,774$
 Gruppe 4: $P_{M4} = 0,197 + 29,58 \dot{m}$
 $r_{e4} = 0,884$

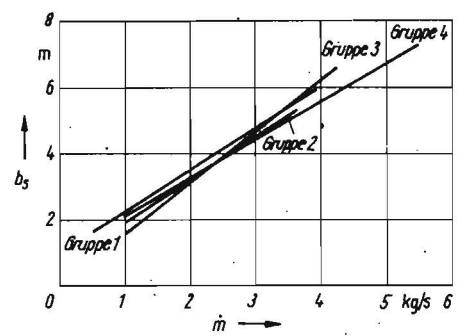


Bild 5. Abhängigkeit zwischen Schnittbreite b_s und Durchsatz \dot{m} ;
 Gruppe 1: $b_{s1} = 1 + 1,125 \dot{m}$
 $r_{e1} = 0,879$
 Gruppe 2: $b_{s2} = 0,678 + 1,27 \dot{m}$
 $r_{e2} = 0,865$
 Gruppe 3: $b_{s3} = 0,024 + 1,535 \dot{m}$
 $r_{e3} = 0,965$
 Gruppe 4: $b_{s4} = 0,966 + 1,143 \dot{m}$
 $r_{e4} = 0,935$

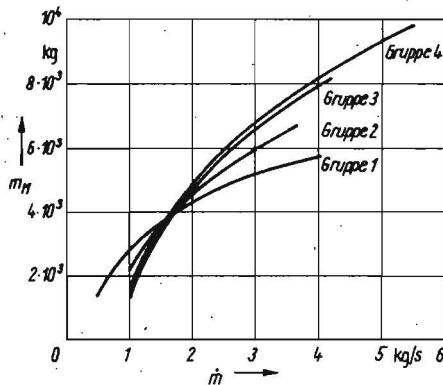


Bild 2. Abhängigkeit zwischen Maschinenmasse m_M und Durchsatz \dot{m} ;
 Gruppe 1: $m_{M1} = 2\ 802 + 2\ 135 \ln \dot{m}$
 $r_{e1} = 0,883$
 Gruppe 2: $m_{M2} = 2\ 154 + 3\ 501 \ln \dot{m}$
 $r_{e2} = 0,917$
 Gruppe 3: $m_{M3} = 1\ 375 + 4\ 711 \ln \dot{m}$
 $r_{e3} = 0,930$
 Gruppe 4: $m_{M4} = 1\ 449 + 4\ 891 \ln \dot{m}$
 $r_{e4} = 0,917$

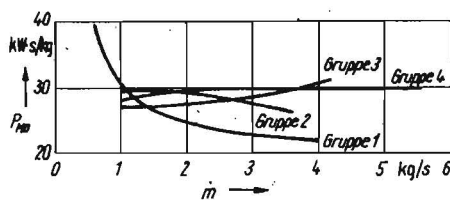


Bild 4. Abhängigkeit zwischen spezifischer Motorleistung P_{M0} und Durchsatz \dot{m} ;
 Gruppe 1: $P_{M01} = 19,08 + 11,66 \frac{1}{\dot{m}}$
 $r_{e1} = 0,719$
 Gruppe 2: $P_{M02} = 29,55 - 0,076 \dot{m}^3$
 $r_{e2} = -0,269 < r (f; \alpha)$
 Gruppe 3: $P_{M03} = 27,27 + 0,05 \dot{m}^3$
 $r_{e3} = 0,277 < r (f; \alpha)$
 Gruppe 4: $P_{M04} = 30,42 + 2,151 \frac{1}{\dot{m}}$
 $r_{e4} = 0,07 < r (f; \alpha)$

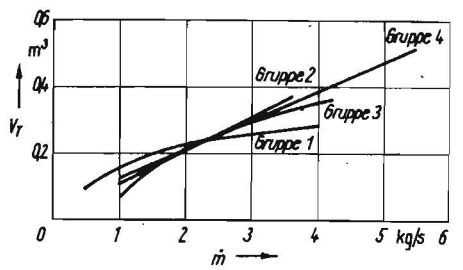


Bild 6. Abhängigkeit zwischen Dreschtrommelvolumen V_T und Durchsatz \dot{m} ;
 Gruppe 1: $V_{T1} = 0,16 + 0,093 \ln \dot{m}$
 $r_{e1} = 0,663$
 Gruppe 2: $V_{T2} = 0,018 + 0,098 \dot{m}$
 $r_{e2} = 0,895$
 Gruppe 3: $V_{T3} = 0,068 + 0,206 \ln \dot{m}$
 $r_{e3} = 0,793$
 Gruppe 4: $V_{T4} = 0,036 + 0,087 \dot{m}$
 $r_{e4} = 0,713$

Für die Ermittlung der Entwicklung der technischen Parameter, bezogen auf einen Durchsatz von 1 kg/s (spezifische Parameter P_{T0}), wurde folgende Transformation durchgeführt:

$$P_{T0} = P_T / \dot{m}. \quad (4)$$

Die Ansätze wurden mit Hilfe des kritischen Korrelationskoeffizienten für f Freiheitsgrade $r (f; \alpha)$ bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 1\%$ geprüft.

4. Ergebnisse der Untersuchungen

Für die Auswertung wurde der Korndurchsatz in kg/s zugrunde gelegt (Korn-Stroh-Verhältnis 1,25 bis 1,35). Die näherungsweise Umrechnung auf den Gesamtdurchsatz in kg/s ergibt sich aus

$$\dot{m}_g = \dot{m}_k + \dot{m}_s = \dot{m}_k + 1,3 \dot{m}_k. \quad (5)$$

4.1. Beurteilung der gesamten Maschine

Von den in die Beurteilung der gesamten Maschine einbezogenen Parametern wurde nur die Maschinenmasse in allen vier Gruppen untersucht, die anderen Parameter beziehen sich auf die Gruppen 2 bis 4. Die Beziehungen zwischen den Abmessungen des Mähdreschers und dem Durchsatz sind schwach. Die Korrelationskoeffizienten schwanken in den Grenzen von 0,3 bis 0,7. Das ist auf die gesetzlichen Bestimmungen, die die Transportbreite und -höhe der Maschinen beschränken, zurückzuführen. Inter-

essant sind hier die relativ geringen Veränderungen der Transportlänge, die in allen Gruppen zwischen 7 und 9 m unabhängig vom Durchsatz variiert.

Die Einführung des Parameters „Mähdreschervolumen“ hatte zum Ziel, eine Beurteilung der Abmessungen des Mähdreschers unabhängig von seiner Form zu ermöglichen.

Der hyperbolische Verlauf der Abhängigkeit zwischen dem spezifischen Maschinenvolumen V_{M0} und dem Durchsatz \dot{m} in der Gruppe 4 erklärt sich aus der Einführung von Mähdreschern höherer Leistungsklassen (Korndurchsatz 4,5 bis 5,5 kg/s) (Bild 1). Das bedeutet, daß das Einhalten konstanter Abmessungen mit zunehmendem Durchsatz immer komplizierter wird und daß die weitere Steigerung des Durchsatzes eine Vergrößerung der Abmessungen nach sich zieht. Aus dieser Entwicklung resultieren negative Konsequenzen in bezug auf die Maschinenmasse und die Wendigkeit des Mähdreschers.

Zwischen der Maschinenmasse und dem Durchsatz besteht eine sehr starke Abhängigkeit (Bild 2). Im untersuchten Zeitraum ist eine systematische Steigerung der Maschinenmasse zu verzeichnen. Das betrifft vor allem Mähdrescher mit größerem Durchsatz. Diese Entwicklung ist auf die Erhöhung des Kornbunkervolumens und die Einführung der Fahrer cabinen zurückzuführen. Die spezifische Maschinenmasse weist mit steigen-

dem Durchsatz eine fallende Tendenz auf. Für Mähdrescher mit einem Korndurchsatz von 1 kg/s beträgt sie rd. 2 500 kg · s/kg und für Mähdrescher mit einem Korndurchsatz von 4 kg/s rd. 1 900 kg · s/kg.

4.2. Antrieb

Die Hauptbaugruppe Antrieb wurde mit Hilfe des Parameters „Motorleistung“ beurteilt. Die Motorleistung steigt mit dem Durchsatz linear an (Bild 3). Daraus resultieren die sehr geringen Unterschiede in der spezifischen Motorleistung zwischen den kleinsten und größten Mähdreschern. In der Gruppe 4 betragen diese Differenzen nur 2 kW · s/kg. Das bedeutet, daß in den letzten Jahren ein spezifischer Antriebsbedarf von 30 kW für einen Korndurchsatz von 1 kg/s als Optimum gilt (Bild 4).

Charakteristisch für die Gruppe 4 ist auch eine sehr große Streuung der einzelnen Werte in den Leistungsklassen von 4 und 5 kg/s. Die Unterschiede zwischen der kleinsten und größten Motorleistung erreichen hier 50 kW. Eine Analyse der Motortypen hat ergeben, daß einige Mähdrescherproduzenten gleiche Motortypen für Maschinen mit unterschiedlichem Durchsatz anwenden. Diese Mähdrescher weichen von der durchschnittlichen Motorleistung nach unten ab. Andere Firmen setzen für die größten Leistungsklassen 6- oder 8-Zylinder-Motoren ein, die gesondert für diese Maschinen entwickelt wurden. Die Mähdrescher haben

meist noch Leistungsreserven und weichen vom Durchsatz nach oben ab. Weiterhin sind die großen Differenzen zwischen den diskreten Werten auf die unterschiedlichen Anforderungen zurückzuführen, die an die Mähdrescher gestellt werden. Wenn der Mähdrescher z. B. mit angebautem Strohhackler arbeiten soll, ist nach Kanafojski [9] eine Erhöhung der Motorleistung um 15 bis 30 kW notwendig.

4.3. Schneidwerk

Das Schneidwerk wurde mit Hilfe des Parameters „Schnittbreite“ beurteilt. Die Schnittbreite entwickelt sich in allen vier Gruppen proportional zum Durchsatz (Bild 5). Die spezifische Schnittbreite sinkt mit steigendem Durchsatz. Der Abfall der Kurven ist aber gering, und man kann annehmen, daß die spezifische Schnittbreite in den Grenzen von 1,6 bis 1,3 m · s/kg liegt. Eine Ausnahme bilden Mähdrescher der kleinsten Leistungsklassen, wo die spezifische Schnittbreite Werte zwischen 1,8 und 3,0 m · s/kg erreicht.

Aus den sehr geringen Unterschieden zwischen den Gruppen läßt sich ableiten, daß trotz der konstruktiven Änderungen in der Maschine das Verhältnis von Schnittbreite und Durchsatz im Zeitraum 1960 bis 1981 unverändert geblieben ist. Das bedeutet weiter, daß unter Voraussetzung konstanter Erträge die Arbeitsgeschwindigkeit sich ebenfalls nicht verändert hat.

4.4. Dreschwerk

Das Dreschwerk wurde mit den Parametern Dreschkanalbreite, Dreschtrommeldurchmesser, Dreschtrommelvolumen, Dreschkorbfläche, Schüttlerfläche und Siebfläche beurteilt. Zwischen Dreschtrommeldurchmesser und Durchsatz besteht keine Abhängigkeit. Das ist dadurch begründet, daß viele Mähdrescherproduzenten einen konstanten Dreschtrommeldurchmesser (z. B. 450 oder 600 mm) anwenden und die Vergrößerung des Durchsatzes nur durch eine Vergrößerung der Dreschtrommellänge erreichen. Die starke Abhängigkeit zwischen Dreschtrommelabmessung und Durchsatz weist die Analyse des Dreschtrommelvolumens nach (Bild 6).

Neuerungen und Erfindungen

Patente zum Thema „Mähdrescher“

DD-PS 151 252 Int. Cl. A01D 41/02
Anmeldetag: 2. Juni 1980
„Schüttlerloser selbstfahrender Mähdrescher“
Anmelder: Claas OHG, Harsewinkel (BRD)

Durch den im Bild 1 dargestellten Dresch- und Abscheideteil eines Mähdreschers wird eine verbesserte Einrichtung zur Kornabscheidung geschaffen, die eine nahezu vollständige und schonende Restkornausscheidung sowie eine leichte Zugänglichkeit der entsprechenden Bauelemente ermöglicht. Nach dem Ausdreschen zwischen der Dreschtrommel 1 und dem Dreschkorb 2 gelangt das Erntegut zwischen die Abscheidetrommeln 3 und die ihnen jeweils zugeord-

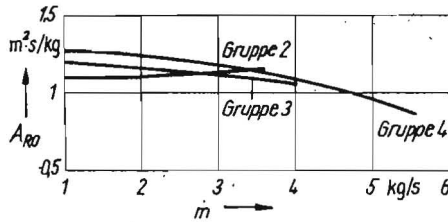


Bild 7. Abhängigkeit zwischen spezifischer Siebfläche A_{RO} und Durchsatz \dot{m} ;

Gruppe 2: $A_{RO2} = 1,07 + 0,003 \dot{m}^2$

$r_{e2} = 0,065 < r(f; \alpha)$

Gruppe 3: $A_{RO3} = 1,244 - 0,046 \dot{m}$

$r_{e3} = 0,185 < r(f; \alpha)$

Gruppe 4: $A_{RO4} = 1,28 - 0,013 \dot{m}^2$

$r_{e4} = -0,470$

Das spezifische Dreschtrommelvolumen liegt zwischen 0,13 m³ · s/kg (für kleinere Leistungsklassen) und 0,09 m³ · s/kg (für größere Leistungsklassen). Diese geringen Unterschiede zeigen, daß die Vergrößerung des Durchsatzes vor allem durch eine Vergrößerung der Arbeitsorgane erreicht wurde und nicht durch qualitative Veränderungen. Das trifft auch für die Parameter Schüttlerfläche und Siebfläche zu.

Die durchschnittlichen Werte für die spezifische Schüttlerfläche liegen zwischen 1,8 und 1,3 m² · s/kg und für die spezifische Siebfläche zwischen 1,3 und 1,0 m² · s/kg. Bei den größten Maschinen wurde die spezifische Siebfläche verkleinert und beträgt rd. 0,85 m² · s/kg (Bild 7). Die Folgen dieser Maßnahme sind in den steigenden Reinigungsverlusten erkennbar. Zur Zeit bilden die Reinigungsverluste bei diesen Maschinen eine wesentliche Begrenzung des Durchsatzes [7].

4.5. Körnerförderung und -speicherung

Die Hauptbaugruppe Körnerförderung und -speicherung wurde mit dem Parameter „Kornbunkervolumen“ beurteilt. Die Entwicklung des Kornbunkervolumens wurde für die Jahre 1966 bis 1981 untersucht. Zum Durchsatz besteht eine proportionale Abhängigkeit. In den Gruppen 3 und 4 steigt das spezifische Kornbunkervolumen mit dem Durchsatz, in der Gruppe 2 ist ein Abfall zu verzeichnen. In dieser Entwicklung ist das

Streben der Mähdrescherproduzenten nach Senkung der Hilfszeiten während des Einsatzes und demzufolge nach Erhöhung der Effektivität zu sehen.

5. Zusammenfassung

Die Untersuchungen zur technischen Entwicklung des Mähdreschers haben nachgewiesen, daß in den Jahren von 1960 bis 1981 keine qualitativen Veränderungen der Relationen zwischen den Hauptparametern und dem Durchsatz zu erkennen sind. Die Abhängigkeiten zwischen den Hauptparametern der gesamten Maschine und dem Durchsatz sind statistisch nicht gesichert. Eine Ausnahme bildet die Maschinenmasse. Die Entwicklung der Hauptparameter der Baugruppen ist proportional der Entwicklung des Durchsatzes. Eine weitere Steigerung des Durchsatzes ohne qualitative Veränderungen der Baugruppen wird eine Vergrößerung der Abmessungen der Hauptbaugruppen und dadurch eine Vergrößerung der gesamten Maschine zur Folge haben.

Literatur

- [1] Lucac, N.: A step towards simplex combines (Ein Schritt in Richtung auf einfachere Mähdrescher). Power Farming, London (1981) 8, S. 65.
- [2] Lehocki, L.; Nacadi, A.: Perspektivy razvitiya samochodnych uborochnykh masin (Entwicklungsperspektiven selbstfahrender Erntemaschinen). ECE-Bericht Nr. 86 FAO/ECE/AGRI WP 2/38, New York 1980.
- [3] Axialdrescher – was steckt dahinter? Agrartechnik International, Würzburg 60 (1981) 5, S. 12.
- [4] Roszkowski, A.: Kierunki rozwoju konstrukcji kombajnów zbożowych (Entwicklungsrichtungen der Mähdrescherkonstruktion). Mechanizacja Rolnictwa, Warszawa (1980) 10, S. 16–31.
- [5] TGL 33454/01 Mähdrescher E 512. Ausg. 1.73.
- [6] Gubsch, M.: Zu einigen Aspekten in der Mähdrescherentwicklung. Dt. Agrartechnik, Berlin 22 (1972) 3, S. 122–125.
- [7] Gemeinsamer Prüfbericht Nr. 4 „Mähdrescher E 516“. Zentrale Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim/Prag-Řepy, Zweigstelle Brno, 1976.
- [8] Wojtasiewicz, R.: Untersuchungen zur technischen Entwicklung des Mähdreschers. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Forschungsbericht 1982 (unveröffentlicht).
- [9] Kanafojski, C.: Halmfruchterntemaschinen. Berlin: VEB Verlag Technik 1974. A 3817

