

che Leistungssteigerung der Drescheinrichtung ist eine Verringerung des Energieverbrauchs zu erwarten.

Zusammenfassung

Wird Stroh nur zur Reproduktion der organischen Substanz des Bodens, nicht aber zu Futter- und Einstreuzwecken benötigt, ist der Mähdrusch mit unmittelbarer Zerkleinerung und Verteilung des Strohs auf dem Feld für absehbare Zeit das günstigste Verfahren. Da diese Bedingungen jedoch nur für wenige Länder oder Regionen zutreffen und in den übrigen Stroh für die o. g. Zwecke benötigt wird, ist es verlustarm und rationell zu bergen.

Aus dieser Sicht und unter Berücksichtigung, daß bei üblichen Verfahren der Korn- und Strohernte vergleichsweise hohe Verluste an Stroh sowie i. allg. der Totalverlust an Spreu auftreten und Unkrautsamen auf dem Feld verteilt werden, erscheint der Mähdrusch mit gleichzeitiger Strohsammlung in einem

am Mähdrescher angehängten Wagen als zweckmäßig.

Das Neveyka- sowie das Kasachstan-Verfahren sind für mittel- und nordeuropäische Verhältnisse keine Alternative zum Mähdrusch. Auch für den Häckseldrusch (Kuban-Verfahren) zeichnet sich aus energetischen, transportökonomischen und technischen Problemen keine Perspektive ab.

Die stationäre Trennung von Korn und Stroh, das in gepreßter Form angeliefert wird, ist verglichen mit den o. g. Varianten als zukunftsfruchtig anzusehen. Die Untersuchungen dazu stehen noch am Anfang. Es sind Arbeiten zur ökonomischen Wertung und technischen Vervollkommnung des Verfahrens erforderlich.

Literatur

- [1] Runčev, M. S., u. a.: Organisation der Erntearbeiten mit spezialisierten Komplexen. Moskau: Verlag Kolos 1980.
- [2] Zalnin, E. W.: Neue Ernteverfahren mit stationärer Bearbeitung des Ertrages. Zernovoe Choz.,

Moskau (1982) 12, S. 11–15.

- [3] Galenko, M. D., u. a.: Begründung von industriemäßigen Verfahren der Getreideernte mit und ohne Mähdrescher. Mech. i elektr. soc. sel. choz., Moskau 53 (1983) 8, S. 4–6.
- [4] Penkin, M. G., u. a.: Verfahren und Maschinenkomplex für die Ernte von Getreide mit Drusch aus dem Stapel. Mech. i elektr. soc. sel. choz., Moskau 53 (1983) 8, S. 12–15.
- [5] Kanarev, F. M.: Komplex des Kubaner industriemäßigen, verlustlosen Verfahrens der Getreideernte. Prospekt, Ausgabe-Nr. 235, Krasnodar 1982.
- [6] Kanarev, F. M.: Kubaner industriemäßiges Getreideernteverfahren. Mech. i elektr. soc. sel. choz., Moskau 53 (1983) 8, S. 10–12.
- [7] Podinš, J. A., u. a.: Getreideernte mit stationärer Erntegutauflbereitung in der Lettischen SSR. Mech. i elektr. soc. sel. choz., Moskau 53 (1983) 8, S. 15–17.
- [8] Sjasev, J. F.: Untersuchungen zum Einfluß der Vordeformierung des Korn-Stroh-Gemisches auf die Qualität und energetische Kennwerte bei der Arbeit eines Dreschwerkes. Landwirtschaftliches Institut Tscheljabinsk, Dissertation 1983. A 4227

Methodik zur experimentellen Prozeßanalyse unter Feldbedingungen am Beispiel Mähdrusch

Dipl.-Ing. G. Hofmann, KDT/Dipl.-Ing. G. Meißner/Dipl.-Math. Anke Müller
Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

1. Zielstellung

Gegenwärtig ist der Mechanisator aufgrund der durch technische Hilfsmittel unzureichend vermittelten und der Menge der zu verarbeitenden Informationen nicht in der Lage, den Mähdrescher den jeweiligen Arbeitsverhältnissen optimal anzupassen (Bild 1). Es besteht deshalb ein Widerspruch zwischen dem hohen landtechnischen Leistungsvermögen des Mähdreschers und den unzureichenden Möglichkeiten des Mechanisators zur Gewährleistung optimaler Betriebsverhältnisse. Zur Erfüllung der Ziel-funktion des Mähdrusches (maximaler Durchsatz bei Einhaltung vorgegebener Arbeitsgüte und minimalem Energieaufwand) bedarf es exakter Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen Prozeßeingangsgrößen, resultierenden Prozeßergebnissen und Betriebsparameteränderungen, die vorwiegend auf dem Weg der experimentellen Prozeßanalyse gewonnen werden können.

2. Methodik

Die Dreschwerkverluste (Schüttler-, Aus-

drusch-, Reinigungsverluste) sind von einer Vielzahl von Faktoren abhängig, von denen die wichtigsten die Einstellwerte der Maschine, der Durchsatz bzw. die Fahrgeschwindigkeit und die Stroh- sowie Kornfeuchte sind. Unbekannt ist aber, wie stark der Einfluß dieser einzelnen Parameter auf die Verluste ist. Um die spezielle Wirkung der einzelnen Faktoren auf die Dreschwerkverluste besser beurteilen zu können, wird auf eine mehrfaktorielle Regressionsanalyse mit entsprechender Versuchsplanung orientiert. Dabei ist zu beachten [1]:

- Sowohl der Nenndurchsatz als auch die am häufigsten im praktischen Betrieb auftretenden Durchsätze müssen im Versuchsplan enthalten sein (Zentrieren der Versuchsanlage).
- Um die zufälligen Versuchsfehler zu minimieren, sind Blöcke mit gleichartigen Versuchseinheiten zu bilden.
- Zur Erhöhung der Treffsicherheit der Schätzung ist eine eingeschränkte Randomisierung der Versuchsanlage notwendig. Drei Maschineneinstellungen des Mähdre-

schers werden mit drei Fahrgeschwindigkeitsstufen kombiniert. Zur Wahrung der Zuverlässigkeit der Untersuchungsergebnisse sind sowohl bei konstanter Einstellung die Fahrgeschwindigkeiten als auch bei konstanter Fahrgeschwindigkeit die Einstellungen zu variieren (Tafel 1). Die Abstufung des Prüfglieds Fahrgeschwindigkeit ist zweckmäßig so vorzunehmen, daß rd. 60 bis 100 % des Nenndurchsatzes des Mähdreschers E 516 erreicht werden. Mit Hilfe von Vorversuchen sind die tatsächlichen Fahrgeschwindigkeiten zu präzisieren. Die zu untersuchenden Maschineneinstellwerte werden in Anlehnung an den Tabellenschieber zur Prozeßoptimierung [2] ausgewählt. Von zentraler Bedeutung für jede Versuchsplanung ist der zum Erreichen der notwendigen Bestimmtheit erforderliche Stichprobenumfang, um besonders die beim Mähdrusch eingeschränkte Versuchszeit optimal zu nutzen. Vorangegangene Untersuchungen belegen, daß für eine Regressionsanalyse etwa 30 Freiheitsgrade ausreichend sind. Für den vorliegenden Versuchsplan ergeben sich für

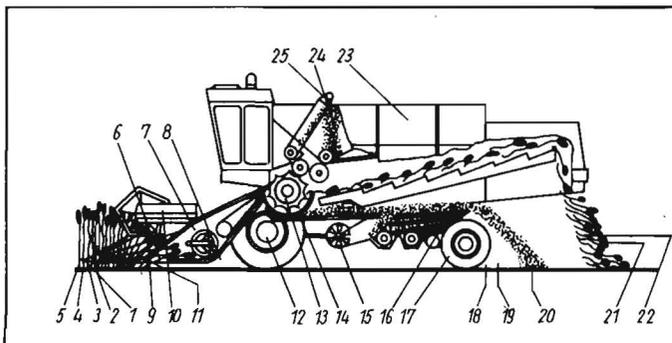


Bild 1. Vom Mechanisator zu verarbeitende Meß-, Kontroll- und Stellgrößen beim Mähdrusch; 1 Grüngutbesatz, 2 Bestandszustand, 3 Bestands-höhe, -dicke, 4 Guffeuchte, 5 Bodenhindernisse, 6 Schnittbreite, 7 Halmfluß, 8 Stoppellänge, 9 Haspellage, 10 Haspeldrehzahl, 11 Schnitthöhe, 12 Fahrgeschwindigkeit, 13 Trommeldrehzahl, 14 Korb-stellung, 15 Gebläsedrehzahl, 16 Siebart und Öffnungsweite, 17 Lenk-ung, 18 Stoppelhöhe, 19 Aufnahmeverluste, 20 Reinigungsverluste, 21 Schüttlerverluste, 22 Ausdruschverluste, 23 Motorengeräusch, 24 Bruchkornanteil, 25 Reinheitsgrad

Tafel 1. Beispiel eines Versuchsplans

	E 1		E 2		E 3			
v _i 1	v _i 2	v _i 3	v _i 1	v _i 3	v _i 2	v _i 2	v _i 3	v _i 1
	v _i 1		v _i 2		v _i 3			
E 2	E 3	E 1	E 2	E 1	E 3	E 3	E 1	E 2
	E 2		E 3				E 1	
v _i 3	v _i 1	v _i 2	v _i 3	v _i 2	v _i 1	v _i 1	v _i 3	v _i 2
	v _i 3						v _i 2	
E 3	E 2	E 1	E 3	E 1	E 2	E 1	E 2	E 3
	E 3		E 1				E 2	
v _i 2	v _i 1	v _i 3	v _i 2	v _i 3	v _i 1	v _i 3	v _i 1	v _i 2



Bild 2. Testmährescher

die 9 Prüfglieder aufgrund einer Vielzahl von Einflußfaktoren etwa 5 Wiederholungen für die mehrfaktorielle regressionsanalytische Auswertung.

Zur Charakterisierung des Prozesses ist neben der Arbeitsgüte der Energieaufwand zu ermitteln. Dafür ist für unterschiedliche Durchsätze der spezifische DK-Verbrauch zu bestimmen.

3. Versuchsdurchführung

Der am Untersuchungsmährescher auf Planen abgelegte Schüttler- und Reinigungsabgang wird mit Hilfe einer Aufwickleinrichtung am Header dem Vorschüttler eines Testmähreschers dosiert zugeführt. Der Testmährescher besteht aus einer die Funktionsorgane betreffenden unveränderten Grundmaschine E 514, einem Header mit Vorschüttler und Spreuauffangbehälter, einer Strohauffangeinrichtung sowie einer pneumatischen Fördereinrichtung mit Sauggebläse, Zyklon und Zellenradschleuse (Bild 2).

Der Testmährescher wird eingesetzt, um die Verlustkomponenten Schüttler-, Reinigungs- und Ausdruschverluste sowie die durchgesetzten Stroh- und Spreumassen zu ermitteln. Zur Bestimmung des Korndurchsatzes wird ein Meßbehälter im Kornbunker des Untersuchungsmähreschers verwendet (Bild 3). In das Kraftstoffsystem des Untersuchungsmähreschers wird ein Kraftstoffverbrauchsmeßgerät eingefügt, mit dem eine Registrierung der Impulse entsprechend dem verbrauchten Kraftstoffvolumen erfolgt. Mit Hilfe einer sorgfältigen Auswahl der Versuchsflächen und einer weitgehenden Mechanisierung des Versuchsablaufs ist eine hohe Effektivität zur Erzielung des erforderlichen Stichprobenumfangs unter vergleichbaren Einsatzverhältnissen erreichbar.

4. Darstellung ausgewählter Ergebnisse

Die Versuchsauswertung wird mit verschie-

denen statistischen Verfahren zur Verdeutlichung detaillierter Zusammenhänge vorgenommen. Zur Charakterisierung der Meßgrößen sind statistische Maßzahlen zu ermitteln. Darüber hinaus erfolgt eine weitere Verarbeitung der Versuchsergebnisse mit Methoden der schließenden Statistik, wie Mittelwertvergleiche, lineare, quasilineare und multiple lineare Regression.

Im Ergebnis konnte z. B. festgestellt werden, daß unter den konkreten Versuchsbedingungen (Auswahl der Schläge, nahezu konstante Schnitthöhe) die Bestandsmerkmale Pflanzenhöhe PL, Bestandshöhe BH und Stoppelhöhe STH nur geringen Einfluß auf Korn- und Strohdurchsatz haben und deshalb bei der weiteren Betrachtung unberücksichtigt bleiben können (Tafel 2). Da nicht unbedingt davon ausgegangen werden kann, daß die übrigen gemessenen Einflußfaktoren nur linear und unabhängig wirken, wurde für die mehrfaktorielle Regressionsanalyse ein Komplexansatz entsprechend Gl. (1) formuliert, der alle wesentlichen gemessenen Größen linear und quadratisch sowie deren Wechselwirkungen untereinander enthält:

$$y = a + b_1 E + b_2 E^2 + b_3 v_i + b_4 v_i^2 + b_5 v_i E + b_6 DS + b_7 DS^2 + b_8 E DS + b_9 v_i DS + b_{10} KF + b_{11} KF^2 + b_{12} E KF + b_{13} v_i KF + b_{14} DS KF; \quad (1)$$

- DS Durchsatz in kg/s
- E Einstellwerte des Mähreschers
- KF Kornfeuchte in %
- v_i Fahrgeschwindigkeit in m/s.

Als Zielgröße können der Gesamtverlust bzw. die drei gemessenen Verlustanteile Reinigungs-, Ausdrusch- und Schüttlerverluste eingesetzt werden. Die größte Bedeutung wird den Aussagen über den Gesamtverlust beigemessen.

Der Komplexansatz für den Gesamtverlust in der Fruchtart Weizen hat nach Reduktion der

Tafel 2. Multiple Regression für Bestandsmerkmale und Durchsatz

Zielgröße	Regressionsfunktion	Bestimmtheit	Vorhersagebestimmtheit
Korndurchsatz	$y = 3,74 - 0,09 KF + 0,13 PL - 0,14 BH - 0,07 STH$	0,082	-0,068
Strohdurchsatz	$y = 1,97 - 0,08 KF + 0,08 PL - 0,06 BH - 0,02 STH$	0,106	0,041

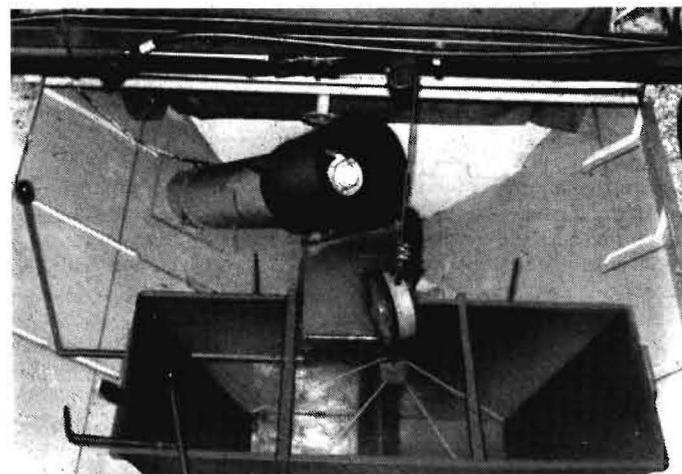


Bild 3. Meßbehälter im Kornbunker

unwesentlichen Einflußfaktoren die in Gl. (2) dargestellte Form, wobei eine multiple Bestimmtheit von 0,766 und eine Vorhersagebestimmtheit von 0,665 erreicht wird:

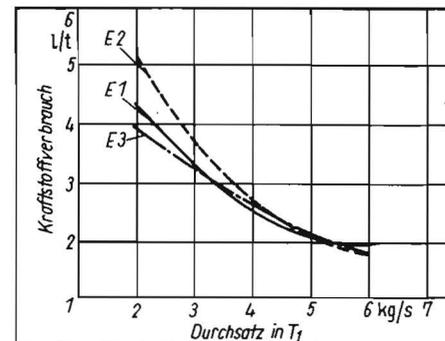
$$y = -0,06 + 5,53 E - 0,46 E^2 + 28,01 v_i + 2,79 KF + 0,76 v_i DS - 1,78 v_i KF. \quad (2)$$

Mit dieser Beziehung läßt sich der Gesamtverlust für Weizen im Jahr 1983 gut beschreiben. Für den spezifischen Kraftstoffverbrauch in Abhängigkeit vom Korndurchsatz ergibt sich ein ausgeprägt degressiver Verlauf mit einem Minimum bei Korndurchsätzen von 5 bis 6 kg/s (Bild 4).

5. Zusammenfassung

Für Automatisierungseinrichtungen besteht die Notwendigkeit, Modellbeziehungen zwischen Stoffkennwerten, Bewertungskriterien und relevanten Maschinenparametern zu er-

Bild 4 Spezifischer Kraftstoffverbrauch in Abhängigkeit vom Durchsatz bei Weizen; E 1: $y = 7,35 - 1,808 x + 0,1521 x^2$; B = 0,93* E 2: $y = 9,495 - 2,598 x + 0,222 x^2$; B = 0,606* E 3: $y = 5,783 - 1,040 x + 0,0636 x^2$; B = 0,95* (* statistisch gesichert)



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 m³ 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 m³ 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-