

Untersuchungen zur mechanisierten Messung des Durchsatzes am selbstfahrenden Feldhäcksler

Prof. Dr. sc. techn. G. Ihle, KDT/Dipl.-Ing. W. Dornis

Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik

Im Rahmen der Bearbeitung des Vertragsforschungsthemas¹⁾ „Ermittlung des Einflusses der Einsatzbedingungen auf die Zuverlässigkeit landtechnischer Arbeitsmittel“ stellte sich die Aufgabe, nach Wegen der kontinuierlichen Messung des Durchsatzes zu suchen. Der Durchsatz ist einer der wesentlichen Einflüsse auf mechanische Belastung und Zuverlässigkeit des Feldhäckslers. Seine genaue Bestimmung ist mit einem relativ hohen Aufwand verbunden. Die bisher verwendeten Methoden der Schätzung des Durchsatzes aus Ertrag, bearbeiteter Fläche und Operativzeit des Feldhäckslers entsprechen nicht den Anforderungen an eine zielgerichtete Erfassung der Einsatzbedingungen des Feldhäckslers.

Neben der Funktion als Einfluß auf die Zuverlässigkeit hat die Kenntnis des Durchsatzes, d.h. der in einer bestimmten Zeit gehäckselten Gutmasse, eine weitreichende Bedeutung für den Einsatz des Feldhäckslers.

Die zur Zeit üblichen Meßmethoden beruhen alle mehr oder weniger auf der Messung von Parametern, die außerhalb der Maschine vorliegen (Zuladung des Transportfahrzeugs, spezifisches Schwadgewicht, Fahrgeschwindigkeit der Maschine usw.). Die Verwendung solcher Parameter führt stets zu diskontinuierlichen Meßverfahren, die schwer zu mechanisieren sind. Für ein kontinuierliches Durchsatzmeßverfahren muß das Meßsignal aus dem Gutstrom im Häcksler bezogen werden.

Folgende Anforderungen müssen an ein kontinuierliches Meßverfahren gestellt werden:

- Selbsttätige Erfassung des Meßsignals
- geringer Auswertaufwand
- geringer Bedien- und Wartungsaufwand.

Der prinzipielle Weg des Verarbeitungsgutes durch einen Feldhäcksler ist im Bild 1 für den Feldhäcksler E 280 dargestellt. Übergabewalze (1) und vorderes Band (2) nehmen das Gut vom jeweils angebauten Aufnahmeaggregat (Schwadaufnehmer, Feldfütter- oder Mischschneidwerk) ab. Vorpfeßwalze (3), hinteres Band (4), Pfeßwalze (5) und Glattwalze (6) pressen das Häckselgut zu einem Strang und verleihen dem Strang eine der jeweils ein-

gestellten Häcksellänge entsprechende Geschwindigkeit v . Die Messer der Häckseltrommel (7) schneiden in Verbindung mit der Geglängschneide (8) einzelne Bissen vom Gutstrang ab, beschleunigen sie und werfen sie durch Auswurfschacht und -bogen (9) auf das

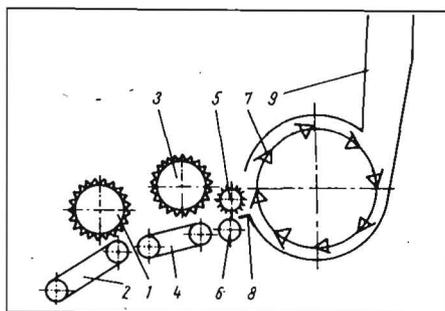


Bild 1. Aufbau des Häckselaggregats des Feldhäckslers E 280 [1]; Erläuterung im Text

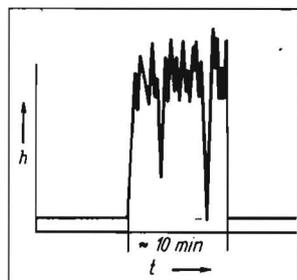
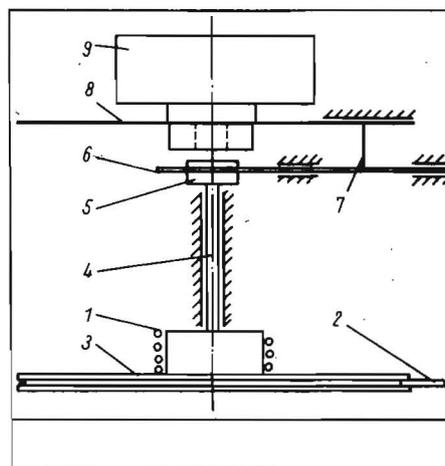


Bild 2. Prinzipieller Verlauf der Gutstranghöhe über der Zeit

Bild 3. Prinzipieller Aufbau des Geräts zur Erfassung der Pfeßstranghöhe; Erläuterung im Text



jeweilige Transportfahrzeug. Eine Meßgröße, die — in Verbindung mit anderen Größen — den Durchsatz Q charakterisiert, ist die Höhe des Gutstrangs h . Der Gutstrang ist zwischen Pfeß- und Glattwalze am kompaktesten. Deshalb wurde als Maß für die Gutstranghöhe die Aushebung der Pfeßwalze verwendet.

Die Pfeßstranghöhe h hat über der Zeit den im Bild 2 skizzierten Verlauf. Man kann ersehen, daß sich durch Gutanhäufungen und Gutlücken kein völlig gleichmäßiger, sondern nur ein relativ gleichmäßig um einen Mittelwert schwankender Verlauf ergibt. Für die vorliegende Auswertung wurde angenommen, daß die Pfeßstranghöhe einen jeweils sich aus Fahrgeschwindigkeit des Häckslers und mittlerer Schwadichte ergebenden konstanten Wert H hat, der dem gemessenen Mittelwert entspricht. Das bedeutet, daß der Durchsatz für das Beladen eines Transportfahrzeugs als konstant angesehen wird.

Die Masse eines Gutstrangs der fiktiven Länge L , Breite B , Höhe H und Dichte ρ berechnet sich aus

$$m = L \cdot B \cdot H \cdot \rho \quad (1)$$

Dividiert man durch die Zeit t , in der der Gutstrang gehäcksel wird, so erhält man eine Beziehung für den mittleren Durchsatz Q :

$$Q = m/t = v \cdot B \cdot H \cdot \rho \quad (2)$$

Die Geschwindigkeit v des Gutstrangs zwischen Pfeß- und Glattwalze und die Einzugsbreite B können als konstant betrachtet werden. Die Dichte des Gutstrangs unter der Pfeßwalze ist sehr schwer meßbar. Sie ist aber in entscheidendem Maß vom Trockenmassegehalt des Häckselgutes abhängig, wie aus der Untersuchung der Schüttdichte des Häckselgutes folgte. Aus der Definition der Dichte als Verhältnis von Masse m und Volumen V und aus der Definition des Trockenmassegehalts TM als Verhältnis zwischen Trockenmasse m_T und Masse des Gutes m ist die Beziehung zwischen Dichte des Gutstrangs ρ und Trockenmassegehalt TM ableitbar:

$$\rho = \frac{m_T}{V \cdot TM} \quad (3)$$

Wie aus den Untersuchungen der Schüttdichte folgte, kann das Verhältnis m_T/V für bestimmte Gutarten mit ausreichender Genauigkeit als konstant betrachtet werden. Setzt man voraus, daß sich die Dichte des Gutstrangs ρ ähnlich der Schüttdichte ρ_s des Häckselgutes verhält, so kann man Gl. (3) in Gl. (2) einsetzen:

$$Q = k \cdot \frac{H}{TM} \quad (4)$$

k ist eine Konstante, die von Gutart und eingestellter Einzugschwindigkeit v abhängig sein wird.

Im Jahr 1976 wurden im VEG Zingst-Darß, Bezirk Rostock, Messungen [2] mit vorbereitendem Charakter durchgeführt, um die Anwendbarkeit der dargestellten Beziehungen zur

Verwendete Formelzeichen

B	m	Breite des Gutstrangs
h	mm	Höhe des Gutstrangs
H	mm	mittlere Höhe des Gutstrangs
k	$t \cdot \%$	Konstante
	$\frac{h \cdot mm}{m}$	
L	m	Länge des Gutstrangs
m	t	Masse des Gutstrangs
m_T	t	Masse des trockenen Gutes
Q	t/h	Durchsatz, Massestrom
t	h	Zeit
TM	$\%$	Trockenmassegehalt
v	m/s	Einzugschwindigkeit
V	m^3	Volumen
ρ	kg/m^3	Dichte des Gutstrangs
ρ_s	kg/m^3	Schüttdichte des Häckselgutes

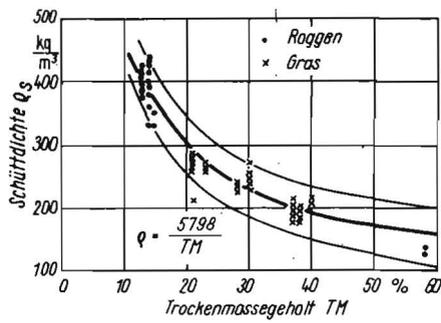


Bild 4
Abhängigkeit der Schüttichte des Gutes vom Trockenmassegehalt

Bild 5
Zusammenhang zwischen Durchsatz und dem Quotienten aus Preßstranghöhe und Trockenmassegehalt

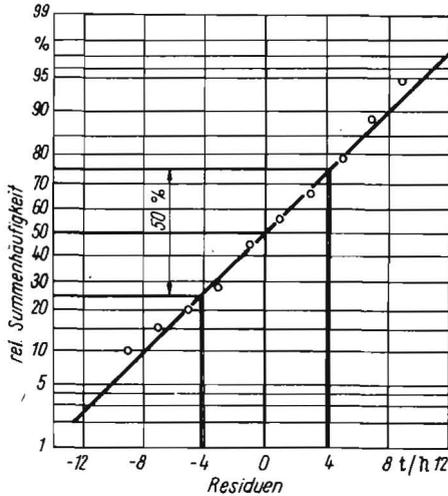
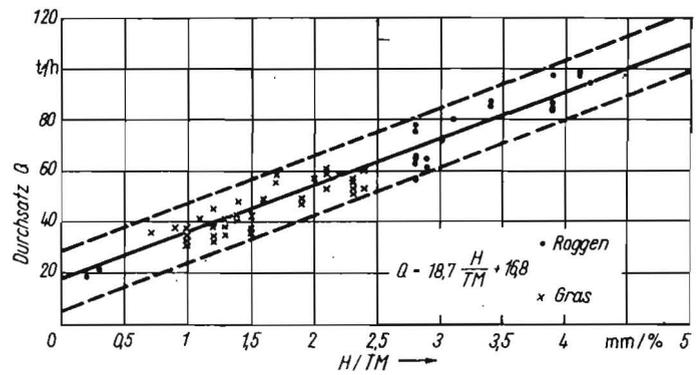


Bild 6. Verteilung der Meßwerte um die Regressionsgerade (Residuen) im normalverteilten Wahrscheinlichkeitsnetz

Durchsatzmessung zu untersuchen. Zur Messung bzw. Aufzeichnung der Gutstranghöhe h diente die im Bild 3 skizzierte Vorrichtung, die auf der Basis eines URSAACORD-Fahrtschreibers aufgebaut wurde. Die Veränderung der Gutstranghöhe h wird durch einen mit einer Rückzugfeder (1) vorgespannten und an der Preßwalze befestigten Bowdenzug (2), die Seilscheibe (3), die Welle (4), das Ritzel (5) auf die Zahnstange (6) und den Schreibstift (7) übertragen. Der Schreibstift ritzt in der Wachspapirscheibe (8), die durch eine Uhr (9) gedreht wird, einen Linienzug ein, der der Preßstranghöhe h proportional ist.

Für eine genaue Auswertung der Preßstranghöhe h wären die Fläche unter dem geschriebenen Linienzug zu bestimmen und über der Zeit

der Mittelwert zu bilden. Das verwendete Aufzeichnungssystem läßt eine solche Auswertung nicht zu, da der Aufzeichnungsmaßstab zu klein ist. Dafür läßt sich aber die mittlere Preßstranghöhe H relativ gut einschätzen und mit einem Maßstab ausmessen. Bei zukünftigen Meßverfahren muß hierfür eine Verbesserung erreicht werden.

Neben der Messung der Preßstranghöhe h waren Durchsatz, Trockenmassegehalt und Schüttichte zu bestimmen. Die Durchsatzmessung erfolgte durch Zeitmessung mit Stoppuhr und Wiegen der Transportfahrzeugzuladung. Der Trockenmassegehalt wurde durch Trocknung und Differenzwägung mehrerer Proben je Tag ermittelt. Die Schüttichte des Häckselgutes auf dem Transportfahrzeug ist näherungsweise aus Zuladung des Transportfahrzeugs und Ladevolumen ermittelt worden.

Die Messungen konnten nur an zwei Gutarten (Gras und Futterroggen) sowie bei Kurzhäcksel durchgeführt werden.

Im Bild 4 ist die Abhängigkeit der Schüttichte der Häckselgüter vom Trockenmassegehalt dargestellt. Der sich ergebende Zusammenhang entspricht Gl. (3).

Im Bild 5 ist die Beziehung (4) zwischen Durchsatz Q und dem Quotienten aus mittlerer Preßstranghöhe H und dem Trockenmassegehalt TM dargestellt. Das sich ergebende absolute Glied stellt den Restspalt zwischen Preß- und Glattwalze dar. Abweichungen zwischen den beiden Gutarten erwiesen sich als nicht statistisch gesichert. Zur Abschätzung der Genauigkeit des Meßverfahrens ist im Bild 6 die Verteilung der Abweichungen der einzelnen Meßpunkte vom jeweiligen Wert der Regressionsgeraden dargestellt. Als mittlerer Fehler des Durchsatzes, bezogen auf den Mittelwert der gemessenen Durchsatzwerte, ergibt sich

$\Delta Q/Q = \pm 8\%$. Dieser Wert ist durch die Ungenauigkeit der Kalibriermessungen des Durchsatzes beeinflusst und kann durch Anwendung eines exakteren Aufzeichnungs- und Auswertgeräts weiter gesenkt werden.

Die Aufzeichnung der Gutstranghöhe mit Hilfe eines umgebauten Fahrtschreibers ist wegen der geringen Zuverlässigkeit und des hohen Auswertaufwands abzulehnen. Andere Aufzeichnungs- und Auswertvarianten sind jedoch technisch realisierbar.

Wie die Untersuchungen zeigen, kann man die Preßstranghöhe in Verbindung mit dem Trockenmassegehalt für die Bestimmung des Durchsatzes an Feldhäckseln nutzen. Zur Schaffung eines praxisreifen Meßverfahrens ist ein hinreichend genaues und zuverlässiges Gerät zu schaffen, das die Bestimmung der mittleren Preßstranghöhe über der Zeit realisiert. Mit diesem Gerät wäre nicht nur die Bestimmung des Durchsatzes, sondern in Verbindung mit der Zeitmessung auch die Bestimmung der gehäckselten Masse möglich. Damit könnten erhebliche Einsparungen erzielt werden, da das Wiegen der Transportfahrzeuge nicht mehr notwendig wäre.

Literatur

- [1] Bedienanweisung Feldhäcksel E 280. VEB Kombinat Fortschritt — Landmaschinen — Neustadt, Juli 1973.
- [2] Hamann, E.: Erfassung und Auswertung von Einflüssen auf mechanische Belastung und Zuverlässigkeit der Arbeitsorgane des Feldhäckslers. TU Dresden, Ingenieurpraktikumsarbeit 1976 (unveröffentlicht). A 1645

- 1) Vertragsforschung der TU Dresden mit dem VEB Kombinat Fortschritt — Landmaschinen — Neustadt in Sachsen

Fortsetzung von Seite 264

($x_1 = 375$ U/min; $x_2 = 7,5$ mm; $x_5 = 0^\circ$) von rd. 42% gefunden. Das zeigt, daß an der Maschine SMS-50 weitere Reserven zur Steigerung der Arbeitsqualität vorhanden sind.

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird die Anwendung der Methode der statistischen Versuchsplanung zur Optimierung der Parameter des Siebwerks von hochleistungsfähigen Getreidereinigungsmaschinen dargestellt. Grundziel der Arbeit ist die Klärung des Einflusses und die Bestimmung der optimalen Werte derjenigen konstruktiven, kinematischen und technologischen Parameter (Faktoren) des Siebwerks, die am einfachsten bei der Vervollkommnung vorhandener Ma-

schinen ohne grundsätzliche konstruktive Änderungen realisiert werden können.

Im angeführten Beispiel werden die Möglichkeiten zur Steigerung des Reinigungseffekts der Getreidereinigungsmaschine SMS-50 von 42% auf 65% durch eine entsprechende Änderung des Kurbelradius und der Drehzahl der Antriebswelle sowie des Neigungswinkels der Aufhänger des Siebwerks dargelegt.

Literatur

- [1] Adler, Ju. P.; Markova, E. V.; Granovskij, Ju. V.: Zur Versuchsplanung bei der Suche nach optimalen Bedingungen. Sofia: Nauka 1971.
- [2] Boshanov, E.; Vučkov, J.: Statistische Methoden zur Modellierung und Optimierung polyfaktorierter Objekte. Sofia: Technika 1973.
- [3] Golikova, T. J.; Pančenko, L. A.: Die Systemati-

sierung von Plänen für die Bewertung polynomialer Modelle zweiter Ordnung. In: Planung optimaler Versuche, Ausg. 48 (1975).

- [4] Minkov, D.: Algorithmus und Programm für die Bestimmung globaler Extremwerte bei quadratischen Funktionen. Naučny trudove na WIM-MESS Russe, Bd. XVII (im Druck).
- [5] Mitkov, A. L. u. a.: Programme für die Versuchsdatenbearbeitung mit Hilfe von ZEIM. Tagungsberichte der 1. Nationalen Konferenz über Organisation und Automatisierung in der experimentellen Forschung, 1974.
- [6] Nalimov, V. V.; Černova, N. A.: Statistische Methoden der Planung von Extremwertversuchen. Sofia: Nauka 1965.
- [7] Stanev, S.; Orloev, N.: Untersuchungen zur technologischen Wirkung hochproduktiver Getreidereinigungsmaschinen. Sel'skостopanska Technika (1973) H. 1.

A 1473