

Leistung der Maschine voll zu nutzen. Überwachungsfunktionen sollten weitgehend zusammengefaßt und von einem Bordcomputer übernommen werden. Dieser Bordcomputer könnte außerdem beispielsweise die Maschinengrundeinstellungen in Abhängigkeit von speziellen Eingabedaten vorgeben und kontrollieren, Fehlhandlungen, wie z. B. grobe Abweichungen vom Verlustsollwert, signalisieren und wichtige Ausgangsdaten für die Leistungsbewertung, wie Verlustmittelwert, geerntete Kornmasse, Betriebsstunden, Druschzeiten, Ernteflächen und Kraftstoffverbräuche, berechnen, registrieren und ausgeben. Voraussetzung für die Verwirklichung derartiger Bordcomputer sind geeignete Sensoren zum Aufnehmen der Meßwerte, ausreichende Kenntnisse über die Zusammenhänge in den einzelnen Prozeßabschnitten, Stell- und Anzeigeeinrichtungen sowie ein Gerät, das die Meßwerte hinreichend oft abfragt, gesetzmäßig verarbeitet und über Aktoren wieder ausgeben kann [3]. Eine zweite Möglichkeit ist die schrittweise Einführung von *Teilregelungen*, d. h. die Regelung der Prozeßabläufe für eine oder mehrere Baugruppen. Hierzu gehören folgende Beispiele:

- Regelung der Schnittbreite (bei den Mähdreschern E 516 und E 514 bereits als automatische Lenkung bekannt)
- Regelung der Schnitthöhe nach einem vorgegebenen Sollwert
- Regelung der Haspeleinstellung in Abhängigkeit von Fahrgeschwindigkeit und Bestandseigenschaften
- Regelung der Dreschtrumdrehzahl in Abhängigkeit von der Belastung
- automatische Dreschkorbverstellung
- Regelung der Fahrgeschwindigkeit des Mähdreschers nach der Belastung und den Verlusten als Führungsgröße (Durchsatzregelung)

- Regelung der Klappensiebweite und des Gebläsewindes nach den Verlusten.

Diese Regelungen von Teilprozessen sind einzeln oder in Kombinationen denkbar. Die Zusammenfassung aller Regelungen von Teilprozessen über einen zentralen Bordcomputer führt schließlich zu einer Überwachung des Gesamtprozesses - zur Prozeßregelung als vorläufige Endstufe.

Parallel zu den genannten Komplexen ist ebenfalls die *Automatisierung des Gesamtprozesses* Mähdrusch zu bearbeiten. Ein möglicher Weg dazu ist die Lösung der bereits beschriebenen Prozeßoptimierung mit elektronischen Mitteln, d. h. Vorgabe einer definierten Mähdreschereinstellung, Bewertung dieser Einstellung nach dem erreichten Arbeitserfolg (Durchsatz, Verluste, Beschädigung, Reinheit) und Suche nach einer verbesserten Einstellung auf der Grundlage einer vorgegebenen Suchstrategie.

Mit den vorhandenen Mikrorechnern lassen sich alle beschriebenen Funktionen erfüllen. Die Entwicklung noch leistungsfähigerer und kostengünstigerer Elemente zeichnet sich ab. Probleme auf landtechnischem Gebiet wurden erläutert.

Entsprechend den Erfordernissen, alle Ernterisiken weitgehend abzubauen, ist auch der Anwender zunehmend bereit, für die Automatisierung zu investieren. Natürlich dürfen die erforderlichen Aufwendungen nicht den erreichbaren Nutzen übersteigen. Diese Differenz fällt immer dann günstig aus, wenn rechtzeitig mit der Festlegung der Maschinenkonzeption auch die Automatisierungsstrategie sowie die ökonomischen Ergebnisse geplant werden.

Zusammenfassung

Der Mähdrescherbau hat international einen hohen Stand erreicht. Es sind immer lei-

stungsfähigere, aber auch immer größere Maschinen entstanden, die hohe Anforderungen an die Einsatzorganisation und die Bedienperson stellen.

Zunehmend werden Automatisierungseinrichtungen mit dem Ziel eingesetzt, die Nennleistung der Mähdrescher besser auszunutzen, Energie und Material zu sparen sowie die Bedienbarkeit der Maschine zu erleichtern. Zum Stand der Technik gehören Kontroll- und Anzeigeeinrichtungen für alle wichtigen Funktionen des Motors und der Verarbeitungsmaschine. Trotzdem kann der Fahrer nicht in jedem Fall aus den eingehenden Informationen zwingende Handlungsabläufe ableiten.

Die Probleme bei der weiteren Automatisierung des Mähdreschers liegen vor allem auf landtechnischem Gebiet in der Beschreibung der Stoffeigenschaften des Getreides, in der Entwicklung geeigneter Sensoren sowie in der Formulierung der Prozeßabläufe in der Maschine. Neben der Klärung dieser Grundlagen sollten in der weiteren Arbeit die Kontroll- und Anzeigeeinrichtungen weiterentwickelt und über eine Zentraleinheit weitgehend zusammengefaßt werden. Die gesonderte Regelung aller Teilprozesse bis zur Zusammenfassung aller Teilregelungen zur Prozeßregelung sowie die Regelung als Rückwärtsoptimierung sind zu untersuchen.

Literatur

- [1] Feiffer, P.: Zeit sparen, Arbeitszeit verlagern, optimal Zeitspannen einhalten, die Leistung voll ausschöpfen. Getreidewirtschaft, Berlin 17 (1983) 3, S. 60-61.
- [2] Methfessel, A.: Leistungsabhängige Einstellung ist Kernstück in der Prozeßoptimierung. Getreidewirtschaft, Berlin 17 (1983) 3, S. 62-63.
- [3] Speckmann, A.: Entlasten durch Einsatz von Elektronik. Landbauforschung, Völkernode (1980) 552, S. 64-73. A 3864

Berechnung des momentanen Körnerverlustes bei Mähdreschern aus gemessenen Parametern der Abscheidung

Dipl.-Ing. A. Kirste/Prof. Dr. sc. agr. G. Kühn, KDT

Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Mechanisierung der Pflanzenproduktion

1. Problem

Die Höhe der Körnerverluste beim Mähdrusch hängt vor allem von der Effektivität der Kornabscheidung am Dreschkorb, am Strohschüttler und in der Reinigung ab. Eine wichtige Einflußgröße auf die Effektivität der Kornabscheidung ist die Höhe des zu verarbeitenden und über die Fahrgeschwindigkeit beeinflussbaren Massenstroms (Durchsatz) in Verbindung mit dem jeweiligen Korn-Stroh-Anteil. Weitere Einflüsse resultieren aus der sehr variablen physikalisch-mechanischen Beschaffenheit des Dreschguts, wobei die Gutfeuchte den Prozeßablauf wesentlich bestimmt. Da die Auswirkungen von Körnerverlusten bei der Druschfruchternte beachtlich sein können - ein Prozent Körnerverluste weniger bedeutet für die DDR ein Mehraufkommen an Getreide von rd. 100 000 t/a -, werden seit langem Verfahren zur Körnerverlustkontrolle angewendet.

Bei dem relativ arbeitszeitaufwendigen Stichprobenverfahren [1, 2] wird eine Schale vor den sich bildenden Strohschwaden gelegt und der Körnerverlust durch Auszählen, Wägen oder Volumenbestimmen der aufgefangenen Körnermenge unmittelbar erfaßt. Beim kontinuierlichen Verfahren [3, 4, 5] werden Meßfühler am Ende des Strohschüttlers und/oder der Reinigung angeordnet, so daß die Aufgabengröße „Körnerverlust“ mittelbar über eine Meßgröße „Körnerstrom“ im Abscheidebereich des Meßfühlers zu bestimmen ist. Parameterschwankungen beim Abscheideprozeß sind Ursache dafür, daß der Meßwert nur eine Tendenzanzeige ermöglicht.

Um Ansatzpunkte für ein Verringern der Meßfehler zu finden, ist der Abscheideprozeß einer näheren Betrachtung zu unterziehen.

2. Abscheideverlauf am Strohschüttler

In einer Reihe von Arbeiten wurde experimentell der Verlauf der Körnerabscheidung über der Schüttlerlänge ermittelt. Dazu wurde die Schüttlerlänge in eine Anzahl von Abschnitten unterteilt, und die abgeschiedenen Körnermengen wurden getrennt erfaßt (Bild 1). Da im Beispiel [6] die Übergabe des Korn-Stroh-Gemenges nicht konzentriert auf den Anfang des Schüttlers erfolgte, ist die Abscheideintensität am Anfang des Schüttlers gering (Bild 2). Anschließend ist eine exponentiell verlaufende Abscheidung zu vermuten. Wird der vordere Schüttlerabschnitt nicht berücksichtigt, so bestätigt sich diese Annahme, vor allem deshalb, weil die Darstellung im halblogarithmischen Funktionsnetz Geraden ergibt (Bild 3). Wird ein Abscheideverlauf nach einer Exponentialfunktion der folgenden Form zugrunde gelegt -

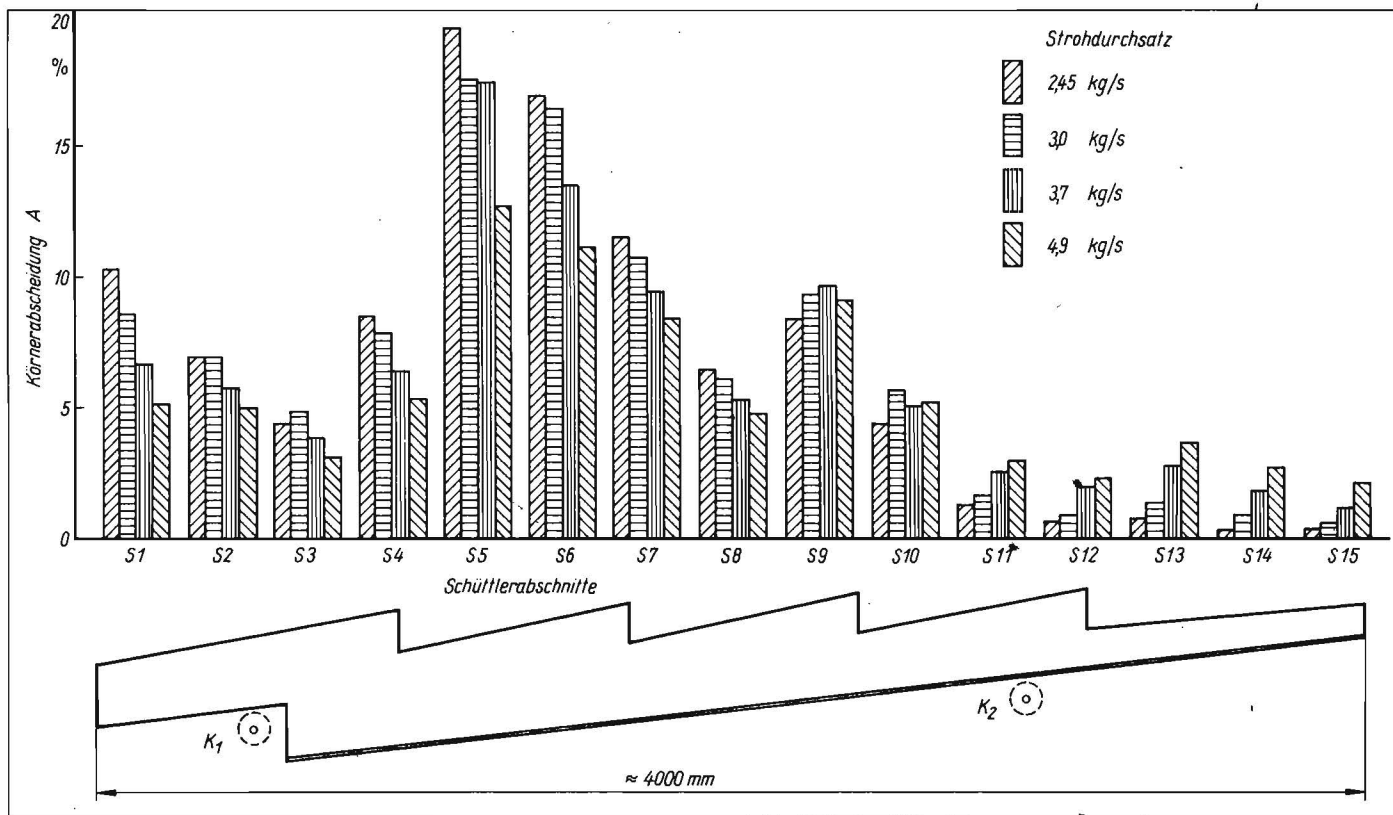


Bild 1. Körnerabscheidung in Abschnitten des Schüttlers (Roggen); $K_{1,2}$ Schüttlerkurbelwellen

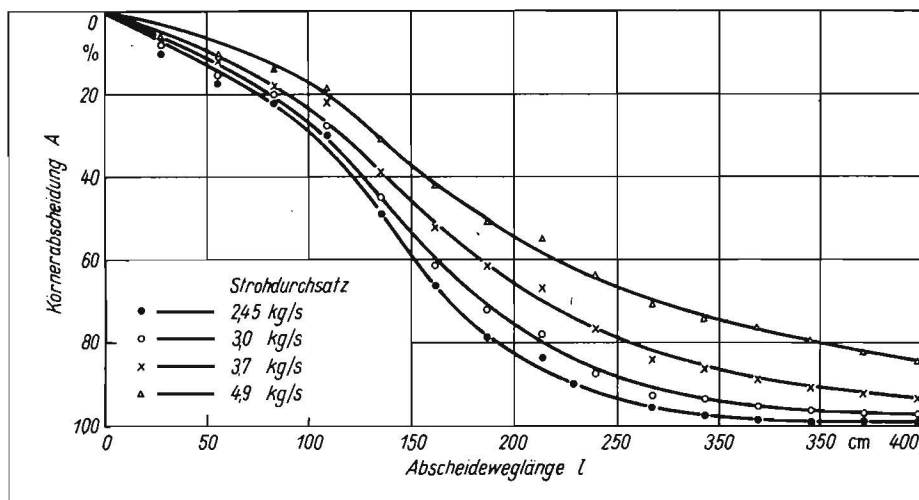
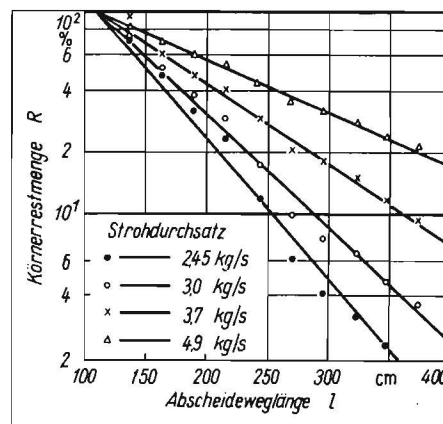


Bild 2. Verlauf der Körnerabscheidung am Schüttler (Roggen)

Bild 3. Körnerrestanteil auf dem mittleren und hinteren Schüttlerabschnitt (Roggen) ▶



$$R_0 - A = R = R_0 e^{-l/L}; \quad (1)$$

R_0 Anfangskörnermenge
 A Körnerabscheidung
 R Körnerrestmenge
 l Abscheideweglänge
 L Längenkonstante

läßt sich eine Längenkonstante L definieren (Bild 4). Nach einem auf dem Schüttler zurückgelegten Weg der Länge $l = L$ sind rd. 63 % der Körner abgeschieden, der nicht abgeschiedene Anteil (Körnerrestanteil) beträgt 37 %. Nach der dreifachen Länge ($l = 3L$) sind theoretisch 95 % der Körner abgeschieden bzw. 5 % als Körnerrestanteil im Stroh verblieben. In Untersuchungen wurde neben dem Einfluß des Strohdurchsatzes (Bilder 2 und 3) auch der Einfluß der Getreideart auf diese Längenkonstante nachgewiesen. Erfolgt die Angabe der Körnerabscheidung nicht wie bisher relativ, sondern absolut, muß auch die auf den Schüttler gelangende Anfangskörnermenge R_0 berücksichtigt wer-

den, da z. B. das Korn-Stroh-Verhältnis nicht konstant ist. In halblogarithmischer Darstellung ergeben sich daher parallele Strahlen (Bild 5).

3. Lösungsansatz

Als Körnerverlust des Schüttlers ist der nach Passieren der gesamten Schüttlerlänge l_s noch im Stroh enthaltene Körnerrestanteil zu betrachten (Bild 5). Unter Voraussetzung einer exponentiellen Körnerabscheidung nach Gl. (1) errechnet sich der Körnerverlust zu

$$R_v = R_0 e^{-l_s/L} \quad (2)$$

Zu seiner Berechnung müssen die Längenkonstante L und die Anfangskörnermenge R_0 bekannt sein. Beide Größen lassen sich indirekt durch zwei Messungen am Schüttler ermitteln. Dazu ist die Abscheidung am Schüttler an zwei hintereinanderliegenden Stellen zu messen, z. B. mit Aufprallimpulsmeßfühlern der bereits bekannten Kontrolleinrichtungen (Bild 6). Die durch die Meßfühler zu

ermittelnden Abscheidemengen A_1 und A_2 sind Differenzen der bis zur jeweiligen Abscheideweglänge erfolgten Abscheidung (Bild 5):

$$A_1 = R_0 e^{-l_1/L} - R_0 e^{-l_2/L} \quad (3a)$$

$$A_1 = R_0 e^{-l_1/L} - e^{-l_2/L} \quad (3b)$$

$$A_2 = R_0 (e^{-l_1/L} - e^{-l_2/L}). \quad (4)$$

Darin sind l_1 bis l_2 die Längen bis zum Beginn bzw. Ende der Meßstellen. Wird die zweite Meßstelle wie bei den bekannten Kontrolleinrichtungen außen am Schüttlerende angebracht, ist

$$l_2 = l_s, \quad (5)$$

innen am Schüttlerende angebracht dagegen ist

$$l_2 = l_s. \quad (6)$$

Bei der Bestimmung der Längen ist der vor-

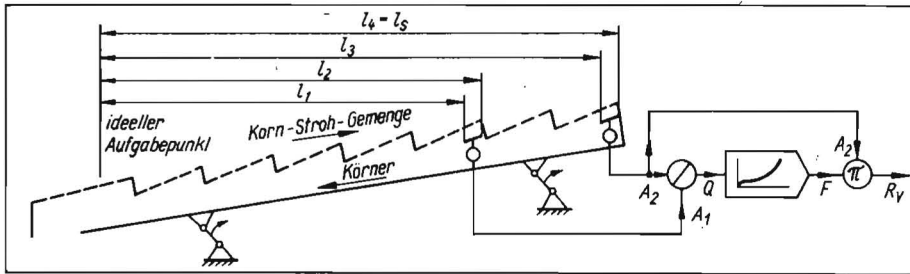
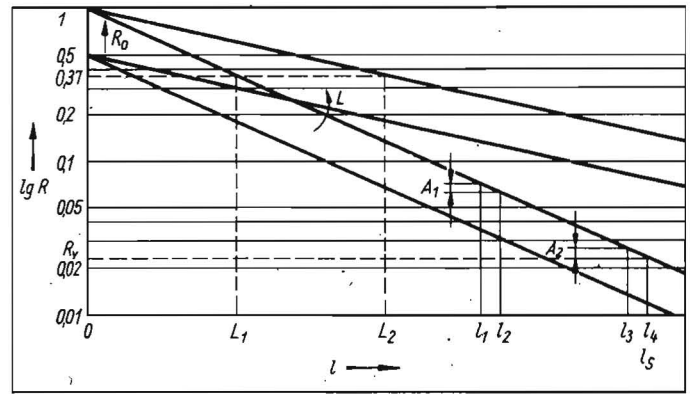
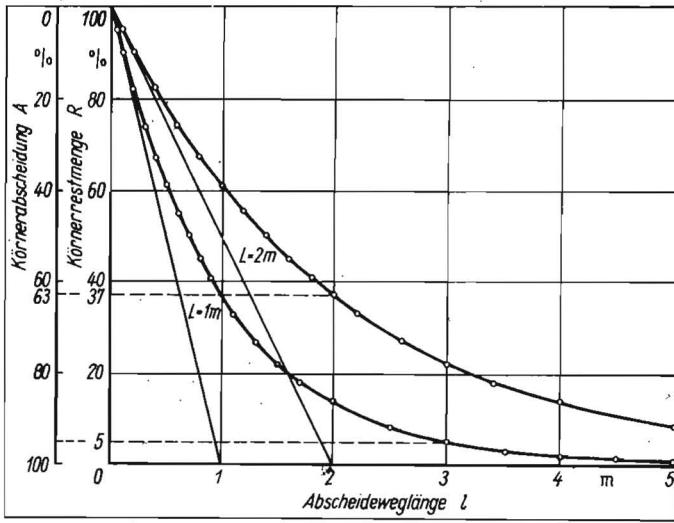


Bild 4. Darstellung des relativen Abscheideverlaufs an Trenneinrichtungen (Strohschüttler)

Bild 5. Prinzipieller Abscheideverlauf am Strohschüttler in halblogarithmischer Darstellung

Bild 6. Anordnung der Meßstellen und Signalfußbild des Meßverfahrens

derer Schüttlerabschnitt auszuklammern. Aus den Gln. (3) und (4) lassen sich numerisch die gesuchten Größen Längenkonstante L und Anfangskörnermenge R_0 ermitteln. Die Division der Gleichungen führt zum Abscheidequotienten Q

$$Q(L) = \frac{A_2}{A_1} = \frac{e^{-l_3/L} - e^{-l_4/L}}{e^{-l_1/L} - e^{-l_2/L}} \quad (7)$$

oder durch Einführung der Größe Z

$$Z = e^{-1/L} \quad (8)$$

über die Potenzgesetze zu

$$Q = \frac{Z^{l_3} - Z^{l_4}}{Z^{l_1} - Z^{l_2}} \quad (9)$$

Die Funktion Q(L) wurde für drei Meßorte der ersten Meßstelle (A_1) am Beispiel des Mähdeschers E 516 berechnet und darge-

stellt (Bild 7). Während die Anbringung der zweiten Meßstelle am Schüttlerende innen vorgesehen wurde, kann sich die erste Meßstelle eine, zwei oder drei Fallstufen davor befinden.

Die Anfangskörnermenge R_0 ergibt sich aus der umgestellten Gl. (4) und aus der der Funktion Q(L) entnommenen Längenkonstante L zu

$$R_0 = \frac{A_2}{e^{-l_3/L} - e^{-l_4/L}} \quad (10)$$

Mit Gl. (1) folgt daraus unmittelbar der Körnerverlust zu

$$R_v = A_2 \frac{e^{-l_4/L}}{e^{-l_3/L} - e^{-l_4/L}} \quad (11)$$

$$\text{bzw. } R_v = A_2 F \quad (12)$$

$$\text{mit } F(L) = \frac{e^{-l_4/L}}{e^{-l_3/L} - e^{-l_4/L}} \quad (13)$$

Die Funktion des Faktors F(L) ist unabhängig vom Ort der ersten Meßstelle (Bild 7).

4. Meßverfahren

Für die Messung des Körnerverlustes ist nun aus den Funktionen F(L) und Q(L) die Funktion F(Q) zu bilden (Bild 8). Diese Funktion muß innerhalb der Meßeinrichtung in einem nichtlinearen Übertragungsglied (Bild 6) gespeichert sein.

Als Eingangsgröße erhält das nichtlineare Übertragungsglied den Quotienten Q aus den beiden gemessenen Abscheidemengen A_1 und A_2 . Der Ausgang des nichtlinearen Übertragungsgliedes ist der Faktor F, der gemäß Gl. (12) mit der Abscheidemenge A_2 zu

Bild 7. Verlauf des Abscheideverhältnisses Q und des Faktors F als Funktion der Längenkonstante L

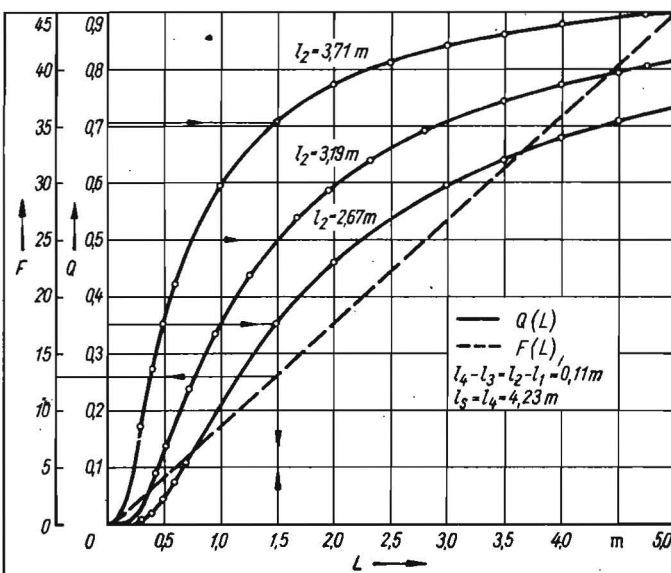
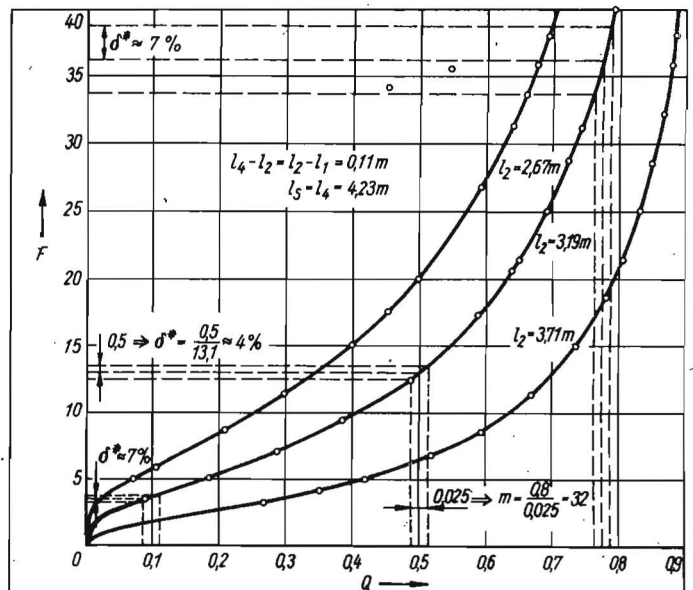


Bild 8. Kennlinien des nichtlinearen Übertragungsgliedes mit dem Ort der ersten Meßstelle als Parameter



multiplizieren ist, um das Meßergebnis Körnerverlust R_V zu erhalten.

5. Auswahl des ersten Meßorts

Für eine Schüttlerlänge von rd. 4,5 m (E 516) ist als zulässige Längenkonstante $L \leq 1,5$ m anzunehmen. Der Körnerverlust des Schüttlers, bezogen auf die betrachtete Länge l_4 , ist dann $\leq 5\%$; und da ein großer Kornanteil bereits am Dreschkorb [7] und im vorderen Schüttlerabschnitt zur Abscheidung kommt, werden den Schüttler weniger als 1 % der ausgedroschenen Körner als Verlust passieren.

Da ein zu kleiner Anstieg der Funktion $Q(L)$ im Arbeitspunkt (Bild 7) die Fehler des Verfahrens begünstigt, sollte der Abstand der beiden Meßorte groß genug sein, d. h. der erste Meßort sollte mindestens zwei Fallstufen vor dem Schüttlerende liegen. Liegt der erste Meßort jedoch sehr weit vor dem zweiten, ist der anfallende Körnerstrom entsprechend höher. Dies ist bei der Bemessung des Meßfühler-Meßbereichs zu beachten. Günstig wäre es daher, die Längendifferenz $l_2 - l_1$ kleiner als die Differenz $l_4 - l_3$ zu wählen.

6. Weitere verfahrenstechnische Aspekte

Neben dem vorgestellten Einsatzfall ist das Verfahren für Trennvorgänge allgemein anwendbar. Folgt die wirkliche Abscheidung entgegen den bisherigen Annahmen einer anderen als der mit Gl. (1) angenommenen exponentiellen Abscheidung, ist das Verfahren mit einem anderen nichtlinearen Übertragungsglied ebenso durchführbar.

Um die Laufzeit des Korn-Stroh-Gemenges auf dem Schüttler als Fehler bei der Meßwertverarbeitung auszuschließen, wäre das Meßsignal des am ersten Meßort installierten Meßfühlers um diese Laufzeit zu verzögern. Da die Abscheidungen an den Meßstellen stochastische Prozesse sind, empfiehlt sich vor der Quotientenbildung eine Mittelwertbildung der Meßsignale. Bei zu großer Varianz der Signale ist es günstig, die Anzeige des Meßergebnisses zu unterbinden.

Nach den bisherigen Ausführungen stellen das Signal des Körnerverlustes und die Signale der Meßfühler einen Teilchenstrom dar. Bei Annahme einer konstanten Tausendkornmasse kann das Meßergebnis als Massenstrom, z. B. in der Einheit Gramm je Sekunde, angegeben werden. Da der zulässige Verlustmassenstrom jedoch eine Funktion von der Fahrgeschwindigkeit des Mähdreschers, seiner Arbeitsbreite und u. U. auch des Ertrags ist, sollte die Angabe Massenstrom durch Division mit den beiden Größen augenblickliche Fahrgeschwindigkeit und Arbeitsbreite als Verlustmasse je Fläche angegeben werden, z. B. in der Einheit Kilogramm je Hektar. Da z. Z. kein anwendbares Meßverfahren für die Erfassung des gesamten Körnerstroms im Mähdrescher existiert, erscheint die Umrechnung in einen relativen Verlust (Angabe in Prozent) durch Vorgabe eines geschätzten Ertrags unzweckmäßig.

7. Gerätetechnische Aspekte

Für die Ausführung der Operationen im vorgestellten Verfahren mit analogen elektronischen Schaltungen erfordern diese, diskret aufgebaut, einen erheblichen Aufwand, vor allem für Multiplikation und Division. Erst durch die Verwendung von Mikrorechnern in Meßeinrichtungen sind auch umfangrei-

chere Algorithmen mit geringem Aufwand an Hardware durchführbar. Auf der Grundlage bereits existierender Entwicklungen von Körnerverlustmeßeinrichtungen auf Mikrorechnerbasis kann durch veränderte Software und einen zusätzlichen Meßstelleneingang das vorgestellte Verfahren realisiert werden. Die Kennlinie des nichtlinearen Übertragungsgliedes ist zweckmäßig als Tabelle zu speichern, da die ständige Berechnung des Faktors F aus dem Abscheidequotienten Q ein umfangreiches Programm und erhebliche Rechenzeit erfordert. Bereits mit 32 Meßwertstufen m für den Abscheidequotienten Q würde die durch den Digitalisierungsfehler der Kennlinie bestimmte Meßunsicherheit δ^* im Arbeitspunkt bei 4 % und an den Grenzen des Arbeitsbereichs bei 7 % liegen (Bild 8). Eine Verdopplung der Meßwertstufen bzw. Speicherzellen würde den Fehler jeweils halbieren.

8. Zusammenfassung

Im Gegensatz zum bekannten kontinuierlichen Körnerverlustkontrollverfahren an Mähdreschern, bei dem eine am Schüttlerende abgeschiedene Körnermenge mit einem den jeweiligen Erntebedingungen nur schwer anzupassenden Faktor multipliziert und in eine Beziehung zum Körnerverlust gebracht wird, erfolgt beim vorgestellten Meßverfahren die Berechnung des Körnerverlustes über die Parameter exponentieller Abscheidung am Strohschüttler – Anfangskör-

nermenge R_0 und Längenkonstante L . Diese Parameter sind bestimmbar, wenn als Meßgrößen zwei Körnermengen verwendet werden, die an hintereinanderliegenden Meßstellen am Schüttler abgeschieden werden. Die Meßwertverarbeitung erfordert Operationen, die zweckmäßig mit Mikrorechnern durchführbar sind.

Literatur

- [1] Feiffer, P.; Schowtka, A.: Die Schnellbestimmung der Ernteverluste – Ausgangspunkt größerer Verlustsenkung. Dt. Agrartechnik, Berlin 14 (1964) 6, S. 249–250.
- [2] Feiffer, P.: Hilfsmittel zur optimalen Einstellung des Mähdreschers E 512 und zur Verlustkontrolle. Saat- und Pflanzgut, Quedlinburg 11 (1970) 10, S. 175–177.
- [3] Feiffer, P., u. a.: Elektronische Verlustkontrolle am Mähdrescher. Dt. Agrartechnik, Berlin 17 (1967) 7, S. 296–298.
- [4] Schaller, R.: Neuartige Kontroll- und Regeleinrichtungen für Mähdrescher. agrartechnik, Berlin 23 (1973) 6, S. 249–252.
- [5] Mutscher, F.; Schaller, R.: Verlustkontrollgerät für Mähdrescher E 516. agrartechnik, Berlin 31 (1981) 4, S. 154–155.
- [6] Kühn, G.: Zur Verbesserung der Arbeitsgüte und Druschleistung von Mähdreschern durch Anwendung der Meß- und Regeltechnik. Humboldt-Universität zu Berlin, Sektion Pflanzenproduktion, Habilitationsschrift 1970.
- [7] Heidler, K.; Regge, H.: Laborvergleiche von Ein- und Mehrtrommeldreschwerken für Mähdrescher. agrartechnik, Berlin 28 (1978) 9, S. 397–399. A 3680

Landtechnische Dissertationen

Am 28. Januar 1983 verteidigte Dipl.-Ing. Kurt Wetzel an der Sektion Mechanisierung der Tierproduktion der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg seine Dissertation zur Promotion A

„Technische Untersuchungen zur elastischen Gestaltung und gedämpften Lagerung von Elementen der Standausrüstung für die Milchviehhaltung“

Gutachter:

Prof. Dr. sc. techn. D. Rössel, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg

Dozent Dr.-Ing. M. Klose, Technische Universität Dresden

Dr.-Ing. J. Holz, Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Agroanlagen Dresden.

Für die belastungsgerechte Gestaltung von Standausrüstungen zur Haltung von Milchvieh wurden Belastungskollektive, hervorgehoben durch Tierkräfte, mit Hilfe der Dehnungsmessung ermittelt.

Die Meßwertfassung erfolgte im Labor an unterschiedlich gestalteten und gelagerten seitlichen Begrenzungen und an Nackenriegeln von kombinierten Freß-Liegeboxen sowie in einer Milchviehanlage nach dem Angebotsprojekt für 1930 Tierplätze an lose auf-

gelagerten Liegeflächentrennbügeln. Da die maximalen Belastungen in den Standbegrenzungs-elementen aus Stoßbelastungen resultieren, wurden Dämpfungselemente und Energiespeicher in das System eingebaut. Im Labor konnte der Nachweis erbracht werden, daß durch eine elastische Gestaltung und gedämpfte Lagerung der Baugruppen die Reaktionskräfte, resultierend aus Tierkräften, auf 50 % verringert werden können. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden auf die Liegeboxen-Laufstallhaltung übertragen und ein Versuchsstand mit lose aufgelagerten Liegeboxentrennbügeln für die Doppelreihe entwickelt.

Im Vergleich mit den Trennbügeln nach Standard TGL 32303/02 konnte folgendes Ergebnis erreicht werden:

- Einsparung von 4,1 kg Stahl und 0,3 kg Zink je Tierplatz
- Verringerung der Fertigungskosten um 7,70 M je Tierplatz
- Zeiteinsparung bei Rekonstruktionsmaßnahmen für die Demontage und Montage um 62 %
- Erhöhung der Grenznutzungsdauer, da der gefährdete Querschnitt an den Einspannstellen im Fußboden beseitigt ist.