

lierung. Es ist davon auszugehen, daß die heutigen Meßgrößen zur Belastungsregelung die tatsächlichen Gesetzmäßigkeiten noch nicht genügend wirklichkeitsgetreu widerspiegeln und daß es immer schwieriger werden wird, aus den sinkenden Verlusten am Überlauf der Trennorgane einen für Steuerzwecke genügend repräsentativen Signalstrom zu gewinnen. Dagegen sind, wie aus den Untersuchungen an der Technischen Universität Dresden hervorgeht, im Inneren der Prozeßräume geeignete Regelgrößen zu finden. So kommt die ideelle Strohl last der wahren Belastung der Arbeitsorgane bedeutend näher als etwa der Schnittwiderstand des Mähmessers oder die Schachtkettenauslenkung als Maß der Schichtdicke des Gutflusses im Schrägförderschacht. Da die Koeffizienten der Kornabscheideeffektivität im linearen Verhältnis zur ideellen Strohl last stehen, ist zu erwarten, daß dann, wenn der Einfluß der Störgrößen auf die Koeffizienten hinreichend geklärt ist, die ideelle Strohl last auch eine geeignete Ersatzmeßgröße für die Verlustregelung sein kann. Es sei ferner erwähnt, daß nach eigenen Untersuchungen auch zwischen der Korn- und Beimengungsabscheidung nahezu determinierte Beziehungen existieren und daß diese Gesetzmäßig-

keit ebenfalls einen möglichen Lösungsweg in sich birgt, die Unzulänglichkeiten der Körnersignalstromerfassung zu umgehen.

Aufgaben der Prozeßanalyse resultieren auch daraus, daß jegliche Prozeßsteuerung nicht nur den Funktionsvollzug zu verbessern, sondern in gleicher Weise auch die Wirtschaftlichkeit desselben anzuheben hat. So ist es nach eigenen Erkenntnissen aus wirtschaftlichen Erwägungen vorteilhaft, die Funktionsoptimierung der Drescheinrichtung auf niedrigstem Niveau der Dresch-trommeldrehzahl über die Anpassung der Dreschspaltweite vorzunehmen und mit höherer Dresch-trommeldrehzahl erst dann zu arbeiten, wenn die erste Möglichkeit voll ausgeschöpft ist.

Von außerordentlicher Bedeutung ist es, die Zuverlässigkeit des Mähdreschers so zu erhöhen, daß die Nutzelemente der automatischen Steuerung nicht durch zu häufige Ausfälle von Maschinen- und Steuerelementen unwirksam werden. Dieser Aufgabenkomplex ist vor allem das Wirkungsfeld der technischen Diagnostik, die durch Lösungen zur Systemüberwachung und Schädigungsdiagnose ihren Beitrag zur Realisierung der Gesamtzielstellung einbringen wird.

## 5. Zusammenfassung

Die Automatisierung des Mähdreschers als Basismaschine der Getreideernte ist eine objektive Gesetzmäßigkeit, die den Bedürfnissen der DDR-Landwirtschaft entspringt. Mit den 5 Aufgabenklassen der Automatisierungstechnik sind, wie verschiedene Teillösungen zeigen, erhebliche Produktivitäts- und Effektivitätssteigerungen im Mähdrusch zu erreichen. Anstehende Schwerpunkte für Forschung und Entwicklung wurden kurz umrissen.

## Literatur

- [1] Brack, G.; Maertens, H. D.: Prozeßautomatisierung. Berlin: VEB Verlag Technik 1974.
- [2] Töpfer, H.; Rudert, S.: Einführung in die Automatisierungstechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1982.
- [3] Meßgeräte für die Landwirtschaft. Prospekt des Werkes für elektronische Meßgeräte Budapest, 1983.
- [4] Algenstaedt, K.-P., u. a.: Ausschöpfung der Möglichkeiten für höhere Mähdruschleistung. Getreidewirtschaft, Berlin 13 (1979) 7, S. 150-156.

A 4758

# Zur Automatisierung des Mähdrusches

Dr.-Ing. T. Uhlig, KDT, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

## Verwendete Formelzeichen

|                 |       |   |
|-----------------|-------|---|
| $\dot{A}$       | ha/h  | Flächenleistung                           |
| $l$             | mm    | Sieblänge                                 |
| $\dot{m}$       | kg/s  | Gesamtdurchsatz                           |
| $\dot{m}_k$     | kg/s  | Korndurchsatz                             |
| $\dot{m}_{k_r}$ | kg/s  | Teilkorndurchsatz (Rückführung Schüttler) |
| $\dot{m}_{k_r}$ | kg/s  | Teilkorndurchsatz (Rückführung Reinigung) |
| $\dot{m}_s$     | kg/s  | Strohdurchsatz                            |
| $\dot{m}_{vk}$  | kg/s  | gesamte Körnerverluste                    |
| $t$             | s     | Zeit                                      |
| $V_L$           | %     | Vorernteverluste an Körnern               |
| $y$             |       | Zielfunktion                              |
| $\mu$           | mm    | Siebkoeffizient                           |
| $\tau$          | s     | Totzeit                                   |
| $\varphi$       | rad   | Phasenverschiebung                        |
| $\omega$        | rad/s | Winkelfunktion                            |

## Indizes

|    |                       |
|----|-----------------------|
| nk | Reihe im Spektrum     |
| 0  | Teilung am Dreschwerk |
| 1  | Zweigstrom Kornbunker |
| 2  | Schüttlerausgang      |
| 3  | Reinigungsausgang     |

## 1. Einleitung

Verschiedene Autoren befassen sich mit der automatischen Regelung des Arbeitsprozesses des Mähdrusches [1 bis 5]. Er umfaßt den Stoff- und Energiefluß im Mähdrescher mit Tangentialdreschwerk. Axialmähdrescher sollen aus den Betrachtungen ausgeklammert werden, ebenso die Automatisierung von Hilfsprozessen des Mähdrusches (wie Lenkung der Maschine, Höhenführung des Schneidwerks, Hangneigungsausgleich sowie unterschiedliche Kontroll- und Überwachungseinrichtungen). Hauptthema des Beitrags wird der verteilte Stoffprozeß sein, der die Baugruppen Schneidwerk einschließlich der Zuführung zum Dreschwerk, Dresch-

werk mit den Hauptbestandteilen Dresch-trommel und Dreschkorb, Korn-Stroh-Trennung (Schüttler) und Korn-Spreu-Trennung (Reinigung) beinhaltet. Die Energie wird in diesem Prozeß hauptsächlich aufgewendet, um den landwirtschaftlichen Stoff zu schneiden, zu transportieren, zu trennen und die Maschine zu bewegen.

Der Energieprozeß sei optimiert und wirke nicht begrenzend auf den Stoffprozeß.

Eine Regelung des Arbeitsprozesses hängt von komplex wirkenden Parametern ab und führte bisher aus folgenden Gründen zu mangelhaftem praktischem Erfolg:

- Über den Arbeitsprozeß existieren wenige explizite Zusammenhänge. Der Zustand des Stoffes kann, bezogen auf druschrelevante Parameter, nur unzureichend beschrieben werden.

- Die bekannten Regelsysteme hatten ausschließlich den gesamten Durchsatz als Führungsgröße und vielfach die Fahr-geschwindigkeit der Maschine als einzige Stellgröße. Als Grenzkriterien wurden die Kornverluste herangezogen.

- Die Kornverluste können nur mit relativ hohem statistischem Fehler gemessen werden.

- Der Zusammenhang zwischen den Stoffeigenschaften und den konstruktiven Elementen sowie den zu stellenden Parametern ist nicht determiniert.

Grundsätzliche Aufgaben der Automatisierung des Mähdrusches sind:

- Verhältnis zwischen der konstruktiven und der verfahrensseitig nutzbaren Leistung verbessern und somit die Produktivität erhöhen

- Qualität der Produkte verbessern (hohe

Keimfähigkeit, geringer Beimengungsanteil, wenig Kurzstrohanteile)

- Körnerverluste verringern (vom Mähdrescher verursachte Feldverluste, Vorernteverluste, Beschädigungen)

- Anteil an störungsfreier Arbeitszeit erhöhen (Vermeidung von Überlastungen der Werkzeuge und Antriebe, Betrieb im optimalen Arbeitsbereich)

- Struktur des Arbeitsplatzes verbessern (Erhöhung des Anteils an vermittelter Information).

## 2. Zielstellung

Die in der landwirtschaftlichen Praxis angewendete Methode der manuellen Prozeßoptimierung beruht auf der Einschätzung der Eigenschaften des Getreidebestandes, der meßbaren Ausgangsgrößen Schüttler-, Reinigungs- und Ausdruschverluste sowie Flächenleistung und der Begutachtung der Qualität der im Bunker befindlichen Körner. Diese Optimierung hängt von einer hohen Anzahl subjektiver Faktoren ab und nutzt teilweise stark fehlerbehaftete Größen (z. B. Körnerverluste). Sie stellt keine Optimierung im regelungstechnischen Sinn dar. Die manuelle Prozeßoptimierung ist z. T. ein Hilfsmittel für die landwirtschaftliche Praxis, die vor allem zur Leistungserhöhung und Verlustsenkung in volkswirtschaftlich bedeutender Größenordnung führt [6, 7]. Ziel der Anwendung der Automatisierungstechnik ist, die Arbeitselemente den Eingangs- und Störgrößen so anzupassen, daß optimale Ausgangs- bzw. Nutzgrößen entstehen und dabei subjektiv beeinflusste Fehlergrößen vermieden werden. Die in [8] aufgestellte Zielfunktion, den Quotienten aus der Flächenlei-

stung und den gesamten maschinenbedingten Körnerverlusten zum Maximum zu führen, berücksichtigt nicht die technologischen Vorgabewerte für eine optimale Ernte-strategie:

$$y = \frac{\dot{A}}{\dot{m}_{VK}} \rightarrow \text{Maximum.} \quad (1)$$

Zur Erklärung seien zwei praktisch mögliche Fälle angenommen:

1. Fall  
 $\dot{A} = 1,2 \text{ ha/h}$ ,  $\dot{m}_{VK} = 0,02 \text{ kg/s}$
2. Fall  
 $\dot{A} = 1,6 \text{ ha/h}$ ,  $\dot{m}_{VK} = 0,04 \text{ kg/s}$ .

Eine Regelung nach der Zielfunktion der Gl. (1) würde dem 1. Fall zustreben und den 2. Fall nicht zulassen, obwohl unter bestimmten strategischen Ernteaspekten der 2. Fall günstiger wäre, nämlich dann, wenn aufgrund einzuschätzender zunehmender Vorernteverluste eine höhere Flächenleistung bei zulässig höheren gesamten Maschinenverlusten zu geringeren technologischen Gesamtverlusten führen [9]. Darüber hinaus beschreibt die Flächenleistung nur unzureichend die Produktivität des Prozeßabschnitts Getreideernte.

Als Zielfunktion wird der Quotient aus dem Produkt des Gesamtdurchsatzes mit der Flächenleistung und aus dem Produkt der gesamten maschinenbedingten Körnerverluste mit den Vorernteverlusten gebildet. Die Zielfunktion strebt einem Maximum zu:

$$y = \frac{\dot{m} \dot{A}}{\dot{m}_{VK} V_E} \rightarrow \text{Maximum.} \quad (2)$$

In der Zielfunktion nach Gl. (2) können bis auf die Vorernteverluste  $V_E$  alle anderen Parameter maschinell erfaßt werden. Das wirkt sich einerseits nachteilig auf die technische Auslegung aus, läßt aber andererseits eine Verknüpfung mit den Ergebnissen der Ernte-strategie-rechnungen zu. In die Zielfunktion kann ebenso ein energetischer Bezugswert reziprok wirkend eingeordnet werden.

### 3. Analyse des Stoffprozesses

In die Analyse des Stoffprozesses werden von vornherein und aufgrund von funktionalen Abhängigkeiten die Parameter aufgenommen, die in einem Regelungssystem wirken können. Stationäre Einstellungen und konstruktive Auslegungen werden nicht einbezogen. Eine determiniertere Beschreibung stößt beim derzeitigen Erkenntnisstand auf Schwierigkeiten, denn

- die aus dem Prozeß abgeleiteten Informationen sind keine unmittelbaren Elemente der Aktionen
- die Stochastik des Naturprozesses wird

unzureichend dynamisch erfaßt  
- die Wirkungen auf den Arbeitsprozeß hängen von vornherein von den unvermittelten Informationen ab.

Beispielsweise wird die stochastische Funktion der Variationsdichte des Getreidebestandes

$$\dot{m}(t_0) = \dot{m}_{nk} \cos(\omega_{nk}t + \varphi_{nk}) \quad (3)$$

von einer durch den Arbeitsprozeß im Schneidwerks- und Einzugsbereich hervorgerufenen Störfunktion gleicher Charakteristik überlagert. Aufgrund technischer und technologischer Probleme bei der Prozeßanalyse lassen sich die Funktionsparameter nicht bestimmen. Diese Feststellung schließt eine direkte Führung der Maschine nach den Güteigenschaften und der Bestandsdichte aus. Die Ergebnisse einer Regelung der Haspeldrehzahl und der Schneidwerkshöhe wirken als relativ stationäre Größe auf die Zielfunktion nach Gl. (2) und werden folglich nicht analysiert.

Am Dreschwerk werden die Hauptfunktionen der Entkörnung, der Abscheidung der losen Körner und des Transports des Langstrohs auf die Schütler realisiert. Die Entkörnung verbessert sich mit einer Verringerung der Eingangspaltweite zwischen Dresch-trommel und Dreschkorb, einer Erhöhung des Durchsatzes und einer Erhöhung der Dresch-trommeldrehzahl. In gleicher Relation und Abhängigkeit verringert sich der Anteil von Ähren und Ähren-teilen, die durch den Dreschkorb durchgeschlagen werden. Charakteristisch ist dabei, daß an der ersten Korbleiste bereits rd. 90% Ähren entkörnt sind [10]. Die Körnerabscheidung wird durch das Verhältnis zwischen Ein- und Ausgangspaltweite zwischen Dresch-trommel und Dreschkorb optimiert. In Abhängigkeit von der Abscheidecharakteristik nach der ersten Korbleiste ist die Ausgangspaltweite nachzustellen.

Am Dreschwerk entstehen zwei Hauptströme (Bild 1). Der Korndurchsatz  $\dot{m}_{K1}$  resultiert aus der Summe der Teilkorndurchsätze  $\dot{m}_{K1}$  und  $\dot{m}_{K1}$ , die die beiden Hauptströme der Korn-Stroh-Trennung  $\dot{m}_{K3} + \dot{m}_{S3}$  und der Korn-Spreu-Trennung  $\dot{m}_{K2} + \dot{m}_{S2}$  rückwirkend miteinander verbinden.

Die Korndurchsätze  $\dot{m}_{K3}$  und  $\dot{m}_{K2}$  bilden summarisch die gesamten Körnerverluste  $\dot{m}_{VK}$ , wenn die Schneidwerks- und Rieserverluste vom dynamischen Prozeß vorerst ausgeklammert werden. In Abhängigkeit von den Transporttotzeiten und dem als exponentiell

vorausgesetzten Siebverhalten können die Körnerverluste nach Gl. (4) beschrieben werden:

$$\dot{m}_{VK}(t) = \frac{\dot{m}_{K1}(t - \tau_1) + \dot{m}_{S2}(t - \tau_2)}{e^{\mu_2(t - \tau_1)} - 1} + \frac{\dot{m}_{S3}(t - \tau_3)}{e^{\mu_3(t - \tau_3)} - 1} \quad (4)$$

Die Parameter  $\mu_2$  und  $\mu_3$  sind von den Stoffeigenschaften abhängig und meßtechnisch kaum erfassbar.

Dynamische Veränderungen am Schütler bewirken zu vernachlässigende Verbesserungen am Durchsatz- und Verlustergebnis. An der Reinigungseinrichtung beeinflusst die Gebläsedrehzahl das Ergebnis der Windsichtung in Abhängigkeit von den Stoffeigenschaften und den Durchsatzgrößen.

### 4. Ansätze der Prozeßautomatisierung

Entsprechend den Kenntnissen über die Grundeigenschaften der unterschiedlichen Druschgutarten ist ein Arbeitspunkt am Dreschwerk und an den Trenneinrichtungen vorinzustellen. Hauptsächliche Stellgrößen sind Dresch-trommeldrehzahl, Dreschkorbabstand, Gebläsedrehzahl für die Windsichtung und Siebweiten.

In Abhängigkeit vom Korn- und Strohdurchsatz, von der Abscheidecharakteristik und von den Verlusten werden Dresch-trommel-drehzahl, Dreschkorbabstand und Gebläsedrehzahl in den optimalen Arbeitsbereich geschaltet. In diesem Prozeß wirkt die Fahrgeschwindigkeit als Aufschaltgröße, die erst dann verändert wird, wenn die inneren Prozeßparameter eine Änderung zulassen.

Der Mechanisator erhält Entscheidungsvarianten zur Korrektur und Einflußnahme aus der Sicht der optimalen Erntestrategie.

### 5. Zusammenfassung

Die Regelung des Arbeitsprozesses des Mähdrusches wird als ein Parametersystem beschrieben, das komplex wirkt und nur auf eine Kette von unbedingt notwendigen Prozeßgrößen zurückgeführt werden kann. Die grundsätzlichen Aufgaben und die Zielfunktion der Automatisierung werden diskutiert. Der Zusammenhang zwischen der prozeßnahen Regelung und der volkswirtschaftlichen Vorgabe der Erntestrategie wird hergestellt. Die Wirkungen auf die Entkörnung und die Abscheidung loser Körner am Dreschwerk werden analysiert und Ansätze zur Prozeßautomatisierung abgeleitet.

### Literatur

- [1] Guljajew, G. A.: Issledovanie nekotorych avtomatičeskogo regulirovanija zagruzki molotilki zernovogo kombajna (Untersuchung einiger Systeme der automatischen Regelung der Dreschwerksbelastung des Mähdruschers). VIM Moskau, Dissertation A 1962.
- [2] Braune, H.-J.: Beitrag zur Automatisierung von Einrichtungen des Mähdrusches. Technische Hochschule Magdeburg, Dissertation A 1971.
- [3] Eimer, M.: Untersuchungen zur Durchsatzregelung am Mähdrusch. Universität Göttingen, Habilitationsschrift 1973.
- [4] Huisman, W.: Optimum cereal combine harvester operation by means of automatic machine and threshing speed control (Optimierung der Mähdruscherte durch automatische Maschinen- und Dreschgeschwindigkeitssteuerung). Agricultural University Wageningen, Dissertation A 1983.
- [5] Mc Gechan, M. B.; Glasbey, C. A.: The benefits of different speed control systems for combine harvester (Der Nutzen verschiedener Geschwindigkeitskontrollsysteme für Mähdre-

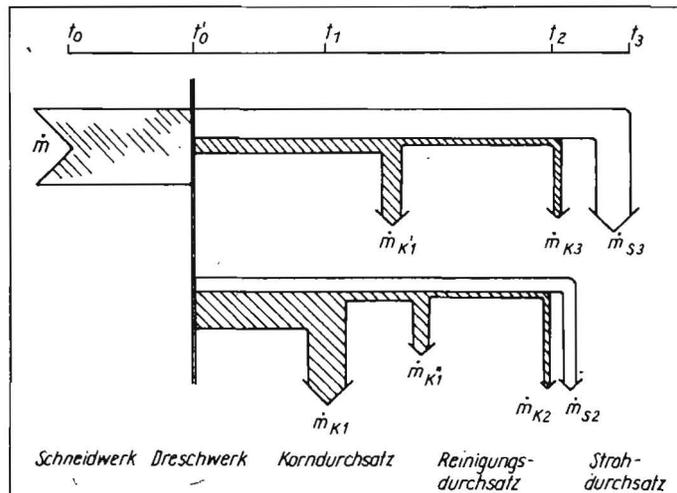


Bild 1  
Vereinfachtes Schema des Stoffflusses im Mähdrusch

Fortsetzung auf Seite 451

# Meßprinzip und Meßverfahren zur Ermittlung des momentanen Korndurchsatzes im Mährescher

Dipl.-Ing. R. Heidemann, KDT/Dipl.-Ing. G. Stolpe

Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

## Verwendete Formelzeichen

|                          |   |
|--------------------------|---|
| A                        | Gesamtfläche der Kornaustrittsöffnung des Sensors   |
| $A_m$                    | beim Durchsatz $\dot{m}$ vom Kornstrom ausgefüllte Teilfläche der Kornaustrittsöffnung            |
| b                        | Breite der Kornaustrittsöffnung   |
| l                        | Massestromdichte  |
| k                        | Anstieg der Durchsatzkennlinie des Sensors  |
| l                        | Gesamtlänge der Kornaustrittsöffnung  |
| $l_m$                    | beim Durchsatz $\dot{m}$ vom Kornstrom beanspruchte Teillänge der zur Verfügung stehenden Länge l |
| $l_{m_i}$                | Teillänge beim Korndurchsatz $\dot{m}_i$  |
| $\Delta l$               | Schrittweite  |
| $\Delta l_i$             | Anzahl der Schrittweiten im Moment t  |
| $\Delta l_k$             | k-te Wiederholungsmessung von $\Delta l_i$  |
| $\Delta l_1$             | 1. Wiederholungsmessung von $\Delta l_i$  |
| m                        | Kornmasse   |
| $\dot{m}$                | Korndurchsatz   |
| $m_{\text{Müll}}$        | Kornmasse im Meßbunker nach der Zeit $t_{\text{Müll}}$  |
| $\dot{m}_0$              | absolutes Glied der Durchsatzkennlinie des Sensors  |
| $\dot{m}_{\text{vergl}}$ | mit Hilfe von Stoppuhr und Präzisionswaage ermittelter Vergleichswert für den Korndurchsatz       |
| $\Delta \dot{m}$         | Durchsatzquant je Schrittweite  |
| n                        | Anzahl der Schrittweiten  |
| $n_i$                    | Anzahl der Schrittweiten beim Korndurchsatz $\dot{m}_i$   |
| t                        | Zeit  |
| $t_i$                    | Zeitpunkt i   |
| $t_{\text{Müll}}$        | Befülldauer des Meßbunkers  |
| $\psi$                   | Kornfeuchte   |
| $\rho$                   | Dichte  |

## 1. Aufgabenstellung

Mit der Messung des Korndurchsatzes im Mährescher werden folgende Ziele verfolgt:

- den Meßwert des Korndurchsatzes für Aufgaben zur Prozeßoptimierung und -regelung zu nutzen
- die Bewertung des Verlustmeßwerts durch Bildung eines auf den Korndurchsatz bezogenen Verlustwerts zu qualifizieren

- den auf den Korndurchsatz bezogenen DK-Verbrauch zu errechnen
- die Leistung einzelner Mährescher einzuschätzen
- die geernteten Kornmengen zu erfassen und abzurechnen
- die Meßwerte für betriebswirtschaftliche Zwecke zu nutzen.

## 2. Meßprinzip

Das Prinzip der Korndurchsatzmessung basiert auf der Messung der Massestromdichte. Bei der gewählten Anordnung ist das Maß für die jeweilige Massestromdichte derjenige Teil einer Kornstromaustrittsöffnung, der je Zeiteinheit vom Kornstrom ausgefüllt wird. Die Ermittlung der Größe dieser Teilfläche wird auf eine Längenmessung zurückgeführt (Bild 1).

Das Meßverfahren beruht auf der indirekten, berührungslosen Messung des momentanen Korndurchsatzes beim Mährescher. Voraussetzung für die Anwendbarkeit eines derartigen Meßverfahrens ist das Vorhandensein eines in kompakter Form vorliegenden Kornstroms. Aus dieser Bedingung folgt, daß für die Wahl des Meßortes nur der Bereich zwischen Kornbunker und Kornschnecke am Boden der Erntemaschine in Betracht gezogen werden kann.

Bei der Ermittlung des momentanen Korndurchsatzes und daraus resultierend der geernteten Kornmasse wird von folgenden Überlegungen ausgegangen:

Das realisierte Verfahren der berührungslosen Messung ohne mechanisch bewegte Teile setzt voraus, daß der Kornstrom als Schüttgutstrom in kompakter Form vorliegt. Das ist gleichbedeutend mit der Forderung nach einer Dämpfung der Gulpulsationen, die aufgrund des Prinzips der Schneckenförderung auftreten. Daher befindet sich am abgabeseitigen Ende einer Förderschnecke,

z. B. innerhalb einer Übergabestelle, ein dem Mantel der Schnecke angepaßter Speicherraum, in dem sich das aus der Förderschnecke austretende Schüttgut staut. Neben der Dämpfung der Pulsationen des Schüttgutstroms wird so gleichzeitig eine Verdichtung des Schüttgutes erreicht. Auf diese Weise entsteht ein kompakter Kornstrom.

Der Speicherraum ist mit einer rechteckigen Austrittsöffnung versehen, mit deren Hilfe der Kornstrom in einer für die Meßwertgewinnung günstigen Weise formiert wird. Diese Öffnung mit der Breite b und der Länge l wird entsprechend dem jeweiligen Momentanwert der Massestromdichte (Massestromintensität) l des Gutstroms teilweise von diesem ausgefüllt.

Die Massestromdichte l ist definiert als Quotient aus Massedurchsatz und Fläche:

$$l = m / (t A_m) \quad (1)$$

Die Teilfläche  $A_m$  sei folgendermaßen definiert:

$$A_m = b l_m \quad (2)$$

Unter Berücksichtigung der Gln. (1) und (2) ergibt sich für den gesuchten Massestrom (Massedurchsatz):

$$\dot{m} = m/t = l A_m = l b l_m \quad (3)$$

Die Änderung des Transportvolumens des Kornstroms erscheint in der Austrittsöffnung des Speicherraumes als eine Längenänderung. Der Wert von  $l_m$  entspricht dem jeweiligen Momentanwert des Korndurchsatzes  $\dot{m}$ .

Die vom Kornstrom benötigte Teillänge  $l_m$  wird diskret mit der Schrittweite  $\Delta l$  abgetastet. Die Anzahl der  $l_{m_i}$  entsprechenden Schrittweiten sei  $n_i$ .

Die Größe  $n_i$  stellt den dem Korndurchsatz  $\dot{m}_i$  proportionalen Meßwert dar und wird vom Sensor in rechnergerechter Form an einen Bordcomputer übergeben. Im Bordcomputer sind zuvor ermittelte parameterabhängige Kalibrierkurven, z. B. in Form von Regressionskoeffizienten, gespeichert, die den Zusammenhang zwischen Korndurchsatz  $\dot{m}$  und Meßwert n beschreiben. Nach Auswahl einer entsprechenden Kalibrierkurve wird im Bordcomputer aus dem Meßwert  $n_i$  der zugehörige Wert des Korndurchsatzes errechnet:

$$\dot{m}_i = k n_i + \dot{m}_0(n_i) \quad (4)$$

$k = f_1$  (Gutart, Kornfeuchte, Massedichte)  
 $\dot{m}_0(n_i) = f_2$  (Gutart, Kornfeuchte, Massedichte).

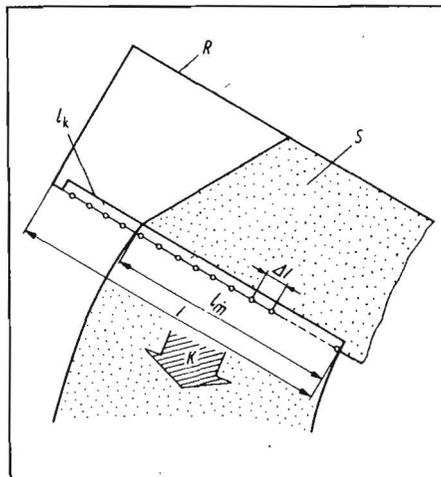
Für kleine Werte von  $n_i$  wird  $\dot{m}_0(n_i) = 0$  (Approximation).

Das gewählte Prinzip der Korndurchsatzmessung wird mit Gl. (3) vollständig beschrieben. Die rechte Seite der Gleichung verdeutlicht die Arbeitsweise des Sensors, die linke Seite stellt den Bezug zum eigentlichen Durchsatz als Quotienten aus Kornmasse und Meßzeit dar.

Die Sensorelektronik befindet sich in einem separaten, in sich geschlossenen Gehäuse,

Bild 1. Prinzip des Sensoraufbaus (Schnittdarstellung in Arbeitslage);

$l_k$  sichtbare Kante der Austrittsöffnung, K Kornstrom, R Rohraufsatz zu einer Förderschnecke, S Speicherraum



Fortsetzung von Seite 450

- scher). Journal of Agric. Eng. Res., London (1982) 27, S. 537-552.
- [6] Algenstaedt, K.-P., u. a.: Zu einigen Aspekten der Ernteoptimierung 1986. Getreidewirtschaft, Berlin 20 (1986) 5/6, S. 124-125.
- [7] Algenstaedt, K.-P., u. a.: Die 85er Erntestrategie hat sich bewährt. Getreidewirtschaft, Berlin 20 (1986) 1, S. 15-17.
- [8] Bernhardt, G.: Grundsätzliche Überlegungen zu Automatisierungskonzeptionen für Mährescher. agrartechnik, Berlin 34 (1984) 1, S. 23-26.
- [9] Algenstaedt, K.-P.; Feiffer, P.; Schmidt, M.: Einfluß der Erntezeit auf die Gesamtverluste im Ernte-prozeß. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Berlin (1984) Tagungsbericht 219, S. 211-227.
- [10] Regge, H.: Erweiterung und Vertiefung der wissenschaftlichen Grundlagen des Entkörnens und Korn-Stroh-Trennens von Getreidekulturen mittels Schlagleisten-Drescheinrichtungen - ein Beitrag zur weiteren Vervollkommnung des Hochleistungsmähreschers konventioneller Bauart. Technische Universität Dresden, Dissertation B 1984. A 4770