

Durchsatz- und Verlustfassung für eine Regelung der Mährescher-Reinigungsanlage

Dipl.-Ing. S. Böttinger, Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik (BRD)

1. Einleitung

Zur Steigerung und Optimierung der Durchsatzleistung von Mähreschern müssen die Dresch- und Trennprozesse während des Betriebs kontinuierlich überwacht und optimiert werden. Der Bedienungsaufwand und die hieraus erfolgende Belastung für den Fahrer darf aber nicht erhöht, sondern muß eher noch verringert werden. Deshalb müssen entsprechende Meß- und Regeleinrichtungen auf elektronischer Basis entwickelt werden. Von besonderer Bedeutung für die Qualität eines derartigen Regelsystems ist die exakte Erfassung der einzelnen Prozeßgrößen, um die aktuelle Arbeitsweise der Arbeitsorgane beurteilen zu können.

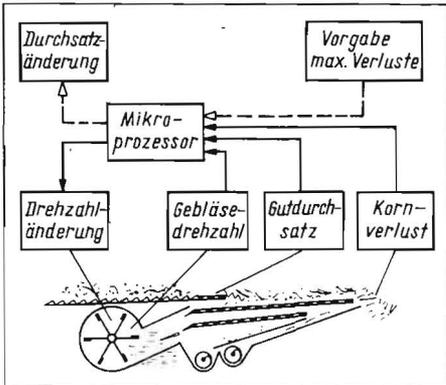


Bild 1. Teilprozeßregelung der Reinigungsanlage

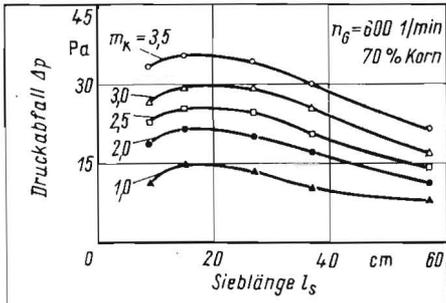


Bild 5. Statischer Druckverlauf über der Sieblänge

Regelung der Mährescher-Reinigungsanlage

Das hierbei verwendete Regelkonzept für den Mährescher läßt sich in die Teilprozeßregelung der einzelnen Förder-, Dresch- und Trenneinrichtungen und in das übergeordnete Gesamtsystem untergliedern.

Die Teilprozeßregelung der Reinigungsanlage (Bild 1) optimiert deren Arbeitsverhalten bei gegebenen Bedingungen (Durchsatz, Gutszusammensetzung, Guteigenschaften) durch Variation der Gebläsedrehzahl. Kann hierdurch die vorgegebene Verlustgrenze nicht unterschritten werden, erfolgt eine Meldung an das übergeordnete Regelsystem des Gesamt-Mähreschers, von dem, in Abhängigkeit vom Arbeitsverhalten der anderen Teilprozesse, eine Durchsatzänderung durch eine Änderung der Fahrgeschwindigkeit veranlaßt werden kann.

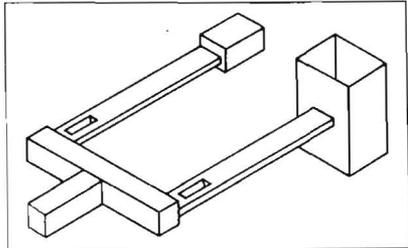


Bild 2. Dichte-Kalibriereinrichtung

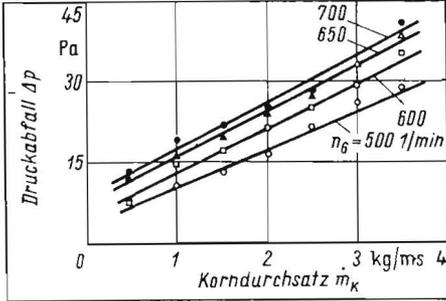


Bild 6. Einfluß des Korndurchsatzes m_k auf den statischen Druck (70% Korn)

3. Ermittlung des Kornmassendurchsatzes

Der Korndurchsatz kann direkt als Massendurchsatz und indirekt aus einer mit ihm korrespondierenden Größe ermittelt werden. Bisher entwickelte Durchsatzmeßverfahren haben sich zum größten Teil nicht behauptet. Hauptursache ist häufig die erhebliche Abhängigkeit des Meßprinzips von den Guteigenschaften [1].

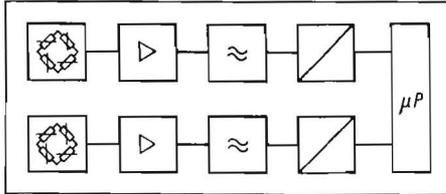


Bild 3. Signalaufbereitung für die Dichtekalibrierung

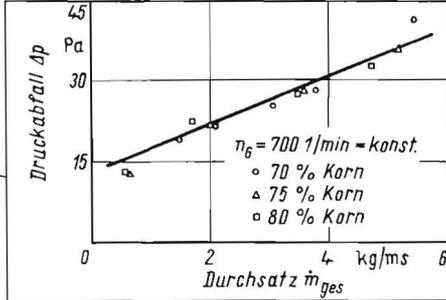


Bild 7. Gemessene Druckwerte und Regressionsfunktion

3.1. Erfassung des Korn-Volumendurchsatzes und der Korn-Schüttdichte

Volumetrische Durchsatzmeßgeräte, die den Korn-Volumenstrom z. B. zwischen Kornelevator und Korntankbefüllschnecke messen, sind auf dem internationalen Markt erhältlich. Für eine genaue Ermittlung des Kornmassendurchsatzes ist eine häufige Überprüfung und Kalibrierung der Korndichte vom Mährescherfahrer notwendig. Mit einer automatisierten Dichte-Meßeinrichtung kann dieses System in der Handhabung und in seiner Eignung für Regelsysteme deutlich verbessert werden.

Die Schwingungen und Neigungen im fahrenden Mährescher erschweren kontinuierliche Wägungen. Deshalb wurde ein System mit einer Kompensationseinrichtung entwickelt: ein gabelförmiges Element besteht aus zwei identischen, mit Dehnmeßstreifen klebten Biegebalken (Bild 2). Während sich an einem Biegebalken eine definierte Masse

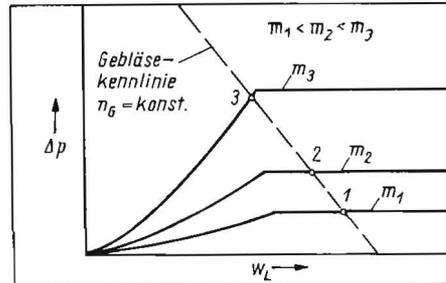


Bild 4. Einfluß von Gutbeladung m und Luftgeschwindigkeit w_L auf den Druckabfall Δp

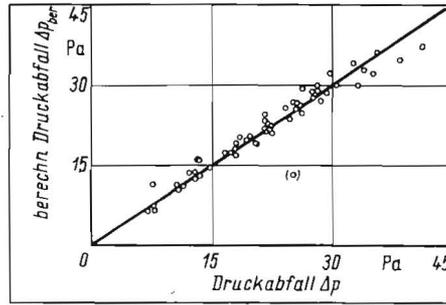


Bild 8. Vergleich berechneter und gemessener Druckwerte

befindet, wird am anderen ein Behälter mit einem definierten Volumen an Korn befüllt. Auf beide Systeme wirken die gleichen, durch die Fahrt des Mähdreschers über das Feld hervorgerufenen Beschleunigungen und Neigungen. Die Signalaufbereitung erfolgt für jeden Biegebalken getrennt (Bild 3). Beide Arme des Dichte-Kalibriergeräts müssen, mechanisch und elektrisch betrachtet, die gleiche Empfindlichkeit aufweisen. Vor allem dürfen die elektrischen Bauteile zum Aufbau der Tiefpaßfilter nur sehr geringe Abweichungen voneinander zeigen.

Für die Erprobung im Labor wurden mit mehreren Dichtewerten statische und dynamische Messungen durchgeführt. Für die dynamischen Messungen wurden neben harmonischen und ruckartigen Schwingbewegungen auch Neigungen in alle Richtungen realisiert. Für die statischen Messungen beitragen die Abweichungen maximal $\pm 0,2\%$, durch die dynamische Anregung erhöht sich die Abweichung von der vorgegebenen Dichte auf maximal $\pm 1\%$.

Zur Anwendung im Mähdrescher muß der zyklische Meßablauf (Probenahme, Meßphase, Entleerung, Nullmessung) automatisiert werden. Ein Hydraulikzylinder wird die Linearbewegung für die Probenahme erzeugen, die zur Entleerung notwendige Öffnung des Behälterbodens kann durch eine federbelastete Klappe, ausgelöst durch die Linearbewegung, durchgeführt werden. Der Zeitversatz zwischen dem Gutfluß durch die zu regelnden Dresch- und Trenneinrichtungen und der Meßstelle im Korntank ist allerdings sehr groß.

3.2. Indirekte Ermittlung des Korndurchsatzes anhand des statischen Drucks unter dem Obersieb

Für eine Auslastungsanzeige der Reinigungsanlage maßen Segler, Freye [2] den statischen Druck am Gebläsediffusor. Berner, Grobler [3] erfaßten den statischen Druck unter dem Obersieb, um für ihre Gebläsedrehzahlregelung aus diesem Signal den Korndurchsatz zu bestimmen.

Die vom Reinigungsgebläse erzeugte Luftströmung wird durch den Siebkasten gedrosselt. Dieser Zusammenhang wird durch eine Potenzfunktion beschrieben [4]. Für geringe Luftgeschwindigkeiten gilt dies auch für den Druckabfall durch das Reinigungsgut. Ab einer für das jeweilige Gut charakteristischen Luftgeschwindigkeit (Fluidisierungsgeschwindigkeit) befindet es sich aber im fluidisierten Zustand, der zur Erreichung optimaler Trennergebnisse angestrebt wird. Der Druckabfall durch ein fluidisiertes Gut ist ab-

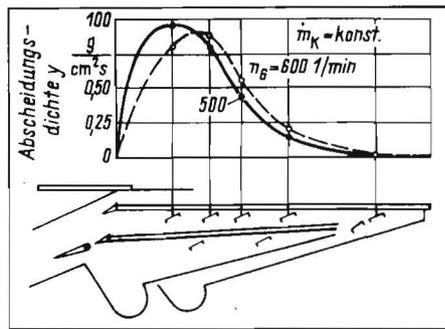


Bild 9. Kornabscheidung über die Sieblänge

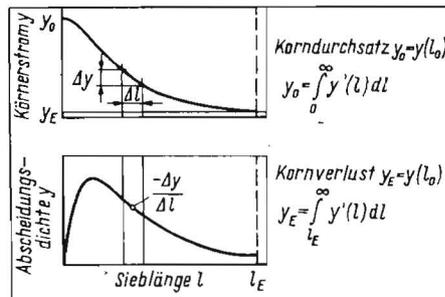


Bild 10. Mathematischer Zusammenhang von Körnerrest- und Abscheidfunktion

hängig von der Gutbeladung und unabhängig von der Luftgeschwindigkeit (Bild 4). Bei konstanter Gebläsedrehzahl und zunehmender Gutbeladung m verschiebt sich der Arbeitspunkt des Gebläses durch die stärkere Drosselung zu geringeren Luftgeschwindigkeiten w_l (Punkte 1, 2, 3). Solange die sich einstellende Luftgeschwindigkeit die charakteristische Fluidisierungsgeschwindigkeit des Gutes nicht unterschreitet, ist der Druckabfall von der Gutbeladung proportional abhängig.

Im Labor wurden Reinigungsversuche mit einem definierten Gutgemisch aus Korn und Kurzstrohhäcksel durchgeführt und das Druckprofil über der Sieblänge aufgezeichnet. Mit zunehmender Sieblänge nimmt die Gutbeladung durch die Absiebung und somit der sich einstellende Druckwert ab (Bild 5). Der Druck einer einzelnen Meßstelle steigt linear mit dem Korndurchsatz an (Bild 6). Mit höheren Gebläsedrehzahlen ergeben sich durch den Einfluß des Strömungswiderstands des Siebkastens Ausgleichsgeraden mit größeren Steigungen.

Zur Untersuchung des funktionalen Zu-

sammenhangs zwischen dem Druckabfall, der Gebläsedrehzahl und dem Korn- bzw. Gesamtdurchsatz der Reinigungsanlage wurden Regressionsanalysen durchgeführt. Werden der lineare Einfluß des Gesamtmasendurchsatzes \dot{m}_{ges} und der potenzierte Einfluß der Gebläsedrehzahl n_G berücksichtigt

$$\Delta p = f(n_G, \dot{m}_{ges}) = A + B \cdot n_G^C + D \cdot \dot{m}_{ges} \quad (1)$$

$$= -10,017 + 9,21 \cdot 10^{-4} \cdot n_G^{1,574} + 4,47 \cdot \dot{m}_{ges}$$

kann der Gutdurchsatz, unabhängig von der Gutzusammensetzung, berechnet werden ($r^2 = 0,92$) (Bilder 7 und 8).

Der Korndurchsatz läßt sich ebenfalls aus dem statischen Druck und der Gebläsedrehzahl berechnen ($r^2 = 0,93$), aus der Residualanalyse ist aber zu erkennen, daß der Einfluß der Gutzusammensetzung durch die Regression nicht vollständig erklärt wird.

4. Abscheidfunktion der Reinigungsanlage zur Berechnung von Korndurchsatz und Kornverlust

Die Kornabscheidung durch das Oberkann mit mehreren über die Sieblänge verteilten Sensoren erfaßt und aus diesen diskreten Meßstellen der Verlauf über die Sieblänge ermittelt werden. Im ersten Siebdrittel steigt die Abscheidung erheblich an, um nach Erreichen des Maximalwerts exponentiell abzuklingen. Höhere Gebläsedrehzahlen verschieben und vergrößern den Hauptabscheidungsereich (Bild 9). Durch die mathematische Beschreibung des Abscheidverlaufs über die Sieblänge können der Korndurchsatz und der Kornverlust der Reinigungsanlage durch die Berechnung zweier uneigentlicher Integrale ermittelt werden (Bild 10).

Literatur

- [1] Kutzbach, H. D.: Entwicklungstendenzen bei der Regel- und Informationstechnik an Mähdreschern. VDI/MEG-Kolloquium Landtechnik, Heft 6: Mähdrescher. Tagung Hohenheim 25./26. April 1988, S. 121–135. Düsseldorf: VDI-Fachgruppe Landtechnik.
- [2] Segler, G.; Freye, T.: Entwicklung einer Λ und Kontrolleinrichtung für den Gutdurchsatz der Reinigungsanlage im Mähdrescher. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 28(1978)4, S. 148–151.
- [3] Berner, D.; Grobler, W. H.: Gesteuerte adaptive Regelung einer Mähdrescher-Reinigungsanlage. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 36(1986)3, S. 73–78.
- [4] Leva, M.: Fluidization. New York, Toronto, London: MacGraw-Hill 1959. A 5848

Lieferbar in vierter, durchgesehener Auflage

Hydraulik für die Landtechnik

Herausgegeben von Doz. Dr. sc. techn. Ernst Hlawitschka. 256 Seiten, 204 Bilder, 25 Tafeln, Pappband, 24,- M; 30,- DM. Bestellangaben: 554 054 5/Hlawitschka, Hydraulik

Ein anwenderbezogener Überblick mit ausführlichen Erläuterungen der Hydraulikanlagen in Traktoren, Landmaschinen und Werkstattausrüstungen. Aufbauend auf den auf das notwendige Maß beschränkten theoretischen Grundlagen der Hydraulik werden neben Aussagen zur Konstruktion und Wirkungsweise der in der Landtechnik verwendeten Geräte besonders die für den Nutzer wichtigen Fragen des Betriebes, der Instandhaltung und der Diagnose behandelt.

Hauptabschnitte des Buches: Einführung · Grundlagen der Hydraulik · Flüssigkeiten für Hydraulikanlagen · Hydraulikgeräte · Hydraulikanlagen an Traktoren und Fahrzeugen · Hydraulikanlagen an Landmaschinen · Hydraulikanlagen an Kranen und Meliorationsmaschinen · Hydraulische Werkstattausrüstungen · Betreiben und Instandhalten von Hydraulikanlagen.

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN