

Tendenzen und Möglichkeiten zur Automatisierung an Mähdreschern

Dr.-Ing. L. Voß, KDT, Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Forschungszentrum des Landmaschinenbaus Neustadt in Sachsen

Die weitere Intensivierung der Getreideproduktion gehört zu den vordringlichsten Aufgaben der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft. Diese Entwicklung hat zu einer wesentlichen Erweiterung der Getreideanbaufläche, zur raschen Steigerung der Erträge sowie zu neuen Anforderungen an die Getreide- und Stroherntemaschinen geführt.

So sind z. B. die mittleren Weizenenerträge in der DDR auf rd. 4,3 bis 4,5 t/ha gestiegen (Variationsbreite von 2 bis 8 t/ha). Mit der weiteren Ertragsentwicklung wird sich dieses Spektrum weiter auffächern. Um 1990 sind Spitzenerträge von 10 t/ha zu erwarten, es werden aber auch noch Minimalerträge von rd. 2 t/ha vorkommen.

Gleichlaufend mit der weiteren Steigerung und Differenzierung der Erträge werden sich natürlich auch die Bestandsbedingungen und spezifischen Druschguteigenschaften an verschiedenen Standorten und von Jahr zu Jahr stärker voneinander unterscheiden. Damit werden schon aus dieser Sicht immer höhere Anforderungen an die Anpassung der Landmaschinen gestellt. Gleichzeitig muß aber auch ihre Schlagkraft weiter erhöht werden, um zu einem agrotechnisch optimalen Termin die Arbeiten durchführen zu können – eine Voraussetzung für minimale Ernteverluste und minimale Trocknungsaufwendungen.

Dieser Entwicklung entsprechend werden in zunehmendem Maß für Mähdrescher Zusatzeinrichtungen zur Anpassung der Maschine an ganz spezielle Einsatzfälle angeboten. Dazu gehören u. a. Spezialadapter für

die Ernte von Sojabohnen, Sonnenblumen, Sorghum und Sesam, aber auch Strohreißer sowie Schwadleger an Maispflückern. Gleichzeitig wird die Palette von Schneidwerken unterschiedlicher Arbeitsbreite erweitert und eine kontinuierliche Steigerung der Leistungsfähigkeit der Maschine angestrebt.

Trotz aller konstruktiven Voraussetzungen wird die tatsächliche Effektivität der Maschine immer noch wesentlich vom Wissen und Können des Fahrers sowie von seinen Möglichkeiten beeinflusst, erforderliche Handlungsabläufe rechtzeitig zu erkennen. Zunehmend werden deshalb die Fahrerkabinen mit Kontroll- und Überwachungseinrichtungen bis hin zu Regelungseinrichtungen ausgerüstet.

Mähdrescher der mittleren und oberen Leistungsklasse verfügen i. allg. über:

- Anzeigeeinrichtungen zur Kontrolle der Motorfunktion
- Signaleinrichtungen für die Überwachung von Funktionselementen
- Verlustkontrollgeräte zur Qualitätskontrolle
- Betriebsstunden- und Hektarzähler für die Leistungsbewertung des Mähdrescherfahrers.

Mit wachsender Leistungsfähigkeit des Mähdreschers erhöhen sich auch die Anforderungen an den Fahrer. Deshalb werden schrittweise zusätzliche Regelungseinrichtungen eingeführt, wie

- automatische Lenkung entlang der Maisreihe oder der Bestandskante von Getreide
- Schnitthöhenregelungen und Bodenkopierungen
- Durchsatzregelungen.

Durch diese Einrichtungen steht dem Fahrer eine Vielzahl von zusätzlichen Informationen zur Verfügung. Trotzdem ergibt sich daraus nicht in jedem Fall eine zwingende Handlungsvorschrift.

So wird z. B. mit dem Verlustmeßgerät zwar die Verlusthöhe an Schütler und Reinigung angezeigt, es erfolgt aber keine hinreichende Aussage über die Verlustursache. Bei zu hohen Verlusten kann die Belastung der Maschine zu groß gewesen sein, oder aber die Maschineneinstellung war nicht den Einsatz- und Belastungsverhältnissen angepaßt.

Für die Einstellung optimaler Betriebsverhältnisse sind zusätzliche Informationen über Druschgufeuchte, Kornbeschädigung und Reinheitsgrad der Körner erforderlich. Entsprechende Geber existieren jedoch z. Z. noch nicht. Deshalb lassen sich vor allem unter den Bedingungen der industriemäßigen Organisation der Getreideernte noch wesentliche ökonomische Effekte durch die Optimierung des Gesamtprozesses erreichen.

Der Qualitätsprüfer legt gemeinsam mit dem Komplexleiter aus der Erntesituation heraus den Vorgabewert für den Verlustsollwert fest, schätzt die Druschgufeuchte ein und ermittelt im Probedrusch die Optimaleinstellung unter Beachtung der Qualitätsmerkmale

Bruch und Reinheit. Die so ermittelte Einstellung wird danach auf alle Maschinen des Komplexes übertragen. Verändern sich die Erntebedingungen, z. B. stärkere Abtrocknung in den Mittagsstunden, so wird nach einer vorgegebenen Strategie eine neue Einstellkombination getestet und wiederum auf alle Maschinen übertragen [1, 2].

Wenn es gelingt, geeignete Geber bereitzustellen, bieten sich mit dem Einsatz der Mikroelektronik Möglichkeiten, die genannten Optimierungsabläufe schrittweise zu automatisieren. Neben der Einsparung von Arbeitskräften sind vor allem durch Beseitigung des subjektiven Einflusses bei der Bewertung und Verarbeitung der Druschbedingungen und -ergebnisse positive Resultate zu erwarten.

Voraussetzung für derartige Automatisierungsaufgaben sind genaue Kenntnisse über die Prozeßabläufe in der Maschine. Besonders für die Drusch-, Abscheide- und Reinigungsorgane liegen vielfältige Untersuchungsergebnisse vor. Diese Untersuchungen haben meist das Ziel, einzelne Konstruktionsparameter oder auch komplette Baugruppen weiterzuentwickeln, um mit gleichem oder geringfügig höherem Aufwand ein besseres Ergebnis zu erreichen. So haben z. B. die Baugruppen Tangential-Dreschtrammel/Dreschkorb, Hordenschüttler und Druckwind-Siebreinigung einen so hohen Entwicklungsstand erreicht, daß revolutionisierende Wirkungen nicht mehr zu erwarten sind.

Das Verhalten dieser Einrichtungen bei dynamischer Beaufschlagung mit Druschgut und bei wechselnden Druschguteigenschaften ist dagegen nur wenig beschrieben und untersucht worden. Besonders die Formulierung aussagefähiger Druschguteigenschaften bereitet Schwierigkeiten. Bekannt ist, daß die Strohfeuchte einen dominierenden Einfluß auf die Drusch- und Abscheideergebnisse hat. Das Zusammenwirken mit Eigenschaftskomplexen, die z. B. von Reifezeitpunkt, Standort und Aufwuchsbedingungen abhängig sind, ist weitgehend ungeklärt. Vor allem wegen dieser Problematik sowie der aus dem Getreidebestand resultierenden Stochastik gibt es gegenwärtig keine analytische Beschreibung der Prozeßabläufe als komplexes Modell. Die Herstellung eines solchen Modells ist langwierig und in geschlossener Form möglicherweise überhaupt nicht realisierbar.

Damit scheidet Regelungen, bei denen aus den Meßwerten der Prozeßvariablen, also der Eingangs- und Störgrößen, unter Benutzung von Verfahren der mathematischen Optimierung Steuerwerte errechnet und eingestellt werden, für den Mähdrescher vorerst aus.

Möglichkeiten für die weitere Automatisierung des Mähdreschers

Eine Möglichkeit ist die *Weiterentwicklung der Kontroll- und Anzeigeeinrichtungen*, um den Fahrer in seiner Arbeit zu entlasten und ihn in die Lage zu versetzen, die installierte

Fortsetzung von Seite 440

3. Zusammenfassung

Mit der Entwicklung der Mikroelektronik erhöhen sich die Möglichkeiten des Einsatzes von Automatisierungseinrichtungen für die Antriebe von Landmaschinen und landtechnischen Anlagen. Ausgehend von den allgemeinen Forderungen der Automatisierung werden technische Aspekte genannt, die die Meßwertgewinnung und -verarbeitung mit Hilfe elektrischer, hydraulischer und elektrohydraulischer Einrichtungen betreffen. Die technische Umsetzung bestimmter Forderungen wird an zwei Beispielen gezeigt. Die technischen Belange werden durch Gütekriterien ergänzt, die zur Bewertung des ökonomischen Nutzeffekts einer Automatisierungslösung herangezogen werden sollten.

Literatur

- [1] Töpfer, H.; Rudert, S.: Einführung in die Automatisierungstechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1976.
- [2] Kollar, L.: Automatisierung in der Landwirtschaft. Berlin: VEB Verlag Technik 1975.
- [3] Hydraulik und Pneumatik. Hrsg.: VEB Kombinat ORSTA-Hydraulik, Leipzig 1975.
- [4] Stammer, A.: Proportionalventile – ein neues Gerätesortiment des VEB Kombinat ORSTA-Hydraulik. 5. Fachtagung Hydraulik und Pneumatik. Tagungsmaterial, Teil 1, Dresden 1983.

A 3861

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 –