

2-Ebenen-Schnitts und damit Vermeidung von Ausfällen dieser Zusatzbaugruppe – Fremdkörpererkennung als künftige Aufgabe für alle Schneidwerkskonzeptionen. Entsprechend der höheren Arbeitsgeschwindigkeit sind in gleicher Zeiteinheit mehr Informationen zu verarbeiten. Um eine Mehrbelastung des Mähdrescherfahrers zu vermeiden, sollten automatische Hilfseinrichtungen für die o. g. Funktion zur Verfügung stehen. Dazu können bereits bekannte Lösungen (z. B. Bestandskantenführung, Haspelregelung, Drehzahl-, Drehmomenten- bzw. Spannungsmessung) genutzt werden.

Die optimale Schnitthöhe ergibt sich aus der Ährenansatz- bzw. Ährenspitzenhöhe des Getreidebestands [7]. Diese Größen unterliegen meist der Normalverteilung und weisen je nach Getreideart und -sorte sowie den Wachstums- und Erntebedingungen unterschiedliche Streuungen auf. Um die Vorteile

des Hochschnittprinzips voll zu erschließen, ist deren hinreichend genaue Schätzung erforderlich. Ausgehend von den derzeit zugelassenen Sorten leitet sich z. B. bei Winterweizen ein Stichprobenumfang von mindestens  $n \geq 50 \dots 150$  je Meßstelle ab. Das erfordert eine automatisch gesteuerte Schnitthöhenregelung.

Durch automatische Meß- und Regeleinrichtungen wird es gelingen, die Effekte des Hochschnittprinzips voll zu nutzen. Sie sollten deshalb Bestandteil des Automatisierungssystems des Mähdreschers auf der Grundlage eines Bordcomputers sein.

#### Literatur

- [1] Müller, M.: Technologische Grundlagen für die industriemäßige Pflanzenproduktion. Berlin: VEB Dt. Landwirtschaftsverlag 1980.
- [2] Eberhardt, M.; Pause, J.; Schweigel, J., u. a.: Richtlinie mit methodischen Empfehlungen für die Beurteilung von Verfahren der Pflanzen-

und Tierproduktion. AdL der DDR und Hochschule für LPG Meißen 1982.

- [3] Listner, G.: Beitrag zur Verfahrensforschung im Wissenschaftsbereich „Technologie der Landwirtschaft“ zur Entwicklung und Gestaltung der Getreideernteverfahren. agrartechnik, Berlin 34 (1984) 1, S. 18–20.
- [4] Janockova, A.: Untersuchung von Methoden zur mathematischen Beschreibung von Getreidebeständen und deren Anwendung. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Förder-technik, Diplomarbeit 1986.
- [5] Große, W.: Optimierung energetischer Aufwendungen in der Pflanzenproduktion – dargestellt am Beispiel Mähdrusch–Getreidetrocknung. TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Dissertation 8, 1984.
- [6] Axmann, M.: Aspekte optimierter Schnitthöhen beim Mähdrusch. agrartechnik, Berlin 35 (1985) 4, S. 158–160.
- [7] Lehmann, H.-G.; Große, W.: Steigerung der Flächenleistung und Senkung der Körnerverluste beim Mähdrusch durch Anwendung größerer Schnitthöhen. Wiss. Zeitschrift der TU Dresden 23 (1974) 2, S. 445–448. A 4903

## Regelung der Haspeldrehzahl an Getreideschneidwerken für Mähdrescher

Dipl.-Ing. H. Dümichen/Dipl.-Ing. K. Richter  
Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

#### Verwendete Formelzeichen

a	U/min	Schaltsschwelle des Dreipunktgliedes
$f_i$	Hz	Impulsfrequenz
$k_A$	U/min	Übertragungsfaktor Fahrtrieb
	m/s	
$k_G$	Hz	Übertragungsfaktor Meßwertgeber
	U/min	
$k_S$	U/min	Übertragungsfaktor Regelstrecke
	mm	
$M_d$	Nm	Lastdrehmoment
$n_B$	U/min	Bremsscheibendrehzahl
$n_H$	U/min	Haspeldrehzahl
$n_M$	U/min	Motordrehzahl
$n_{VP}$	U/min	Drehzahl der Variatorprimärwelle
$n_{VS}$	U/min	Drehzahl der Variatorsekundärwelle
$\Delta n_{VSZul}$	U/min	zulässige Drehzahldifferenz Variator sekundär
$t_S$	s	Streckenzeitkonstante
$t_T$	s	Totzeit
$t_{Tab}$	s	Abschaltverzögerung (Nachlaufzeit)
$t_{Trin}$	s	Einschaltverzögerung (Totzeit)
U	V	Spannung
V	%	Kornverluste
$v_A$	km/h	Arbeitsgeschwindigkeit
$v_S$	mm/s	Stellgeschwindigkeit
$v_{UH}$	m/s	Haspelumfanggeschwindigkeit
$\Delta v_{UHzul}$	m/s	zulässige Abweichung der Haspelumfanggeschwindigkeit
w		Führungsgröße
x		Regelgröße
$x_G$		Dreipunktglied
$x_W$		Regelabweichung
$y_A$		Stellgliedausgangsgröße
$y_S$		Streckeneingangsgröße
z		Störgröße
$\lambda$		Verhältnis von $v_{UH}$ zu $v_A$
$\Delta \lambda$		$\lambda$ -Stufungen
$\Delta \lambda_{zul}$		zulässige Abweichung vom eingestellten $\lambda$ -Wert

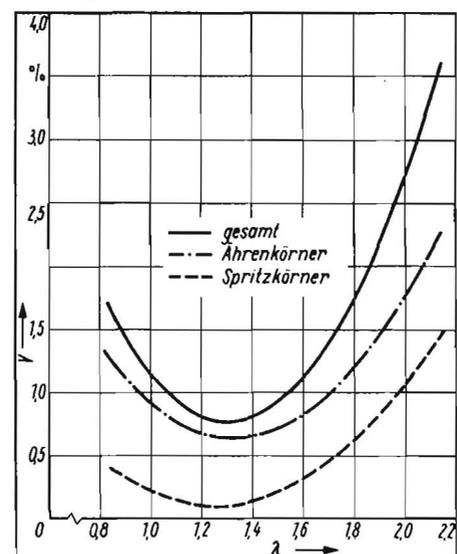
#### 1. Einleitung

Die Schneidwerksverluste beim Mähdrusch erreichen, wie vielfältige Untersuchungen ergaben, bis rd. 2% und stellen somit einen

bedeutsamen Teil der Gesamtverluste dar [1]. Ihre Senkung wird als eine ökonomisch relevante Teilaufgabe für die Mähdrescherentwicklung und den Mähdreschereinsatz bewertet. Für DDR-Bedingungen werden Schneidwerksverluste von  $< 1,5\%$  gefordert. Davon ausgehend sind nach Herrmann [1] u. a. automatisierte Schneidwerkeinstellungen in Abhängigkeit von den wechselnden Einsatzbedingungen in Getreideschneidwerken notwendig.

Für die Senkung der Schneidwerksverluste ist die optimale Anpassung der Haspelumfanggeschwindigkeit an die Mähdruschbedingungen und besonders an die variierenden Arbeitsgeschwindigkeiten der Mähdrescher eine wirkungsvolle und notwendige Maßnahme [2 bis 5]. Untersuchungsergeb-

Bild 1. Körnerverluste am Schneidwerk in Abhängigkeit von  $\lambda$  für  $v_A = 4 \dots 5$  km/h in Roggen [5]



nisse des Forschungszentrums für Mechanisierung Schlieben/Bornim (1983), des VEB Kombinat Fortschritt Landmaschinen Neustadt und der Martin-Luther-Universität Halle–Wittenberg (1983/84) bestätigen deutlich diese Forderung. Darauf aufbauend bestand die Aufgabe, geeignete steuerungstechnische Einrichtungen zu entwickeln und in die Praxis überzuführen. In sozialistischer Forschungskoooperation zwischen dem Forschungszentrum für Mechanisierung Schlieben/Bornim und dem VEB Kombinat Fortschritt Landmaschinen Neustadt wurde deshalb von einem gemeinsamen Jugendforscherkollektiv eine elektronische Haspeldrehzahlregelung für den Mähdrescher E516 geschaffen, erprobt und als Demonstrationsmuster auf der Zentralen Messe der Meister von morgen 1984 in Leipzig erstmals vorgestellt [6].

#### 2. Problem- und Aufgabenstellung

Die Haspelumfanggeschwindigkeit, d. h. besonders ihr Verhältnis  $\lambda$  zur Arbeitsgeschwindigkeit, hat vorrangig einen nachgewiesenen Einfluß auf die Schneidwerksverluste. Die Funktionsverläufe für die Schneidwerksverluste über  $\lambda$  (Bild 1) weisen i. allg. ein ausgeprägtes Minimum im Bereich  $\lambda = 1,0 \dots 2,0$  auf.

Die quantitativen Verhältnisse sind von den Getreidearten und den Bestandsbedingungen abhängig. Wesentlich ist, daß Abweichungen von den optimalen  $\lambda$ -Werten höhere Verluste bedingen. Praxisanalysen zeigen, daß in der Mehrheit Abweichungen vom optimalen Verhältnis  $\lambda$  durch häufige Arbeitsgeschwindigkeitsvariation bei überwiegend konstant gehaltener Haspeldrehzahl auftreten. Das führt zu zum Teil deutlich erhöhten Schneidwerksverlusten ( $\geq 3\%$  für Getreide). Andererseits sind die Mähdrescherfahrer überfordert, wenn die häufig auftretende Steuerungsaufgabe manuell und

dazu in hoher Güte vollzogen werden soll. Aus diesem Sachverhalt sind folgende Schlußfolgerungen abzuleiten:

- Im Mähdreschereinsatz ist die Haspeldrehzahl so zu steuern, daß ein optimal gewähltes Verhältnis  $\lambda$  konstant, d. h. die Haspelumfangsgeschwindigkeit proportional zur variablen Arbeitsgeschwindigkeit gehalten wird.
- Zur effektiven Realisierung der genannten Steuerungsfunktion fordern die praktischen Verhältnisse im Mähdrusch geeignete selbsttätig wirkende technische Einrichtungen.
- Die Bereitstellung fruchtart- und einsatzspezifischer  $\lambda$ -Richtwerte zur optimalen Grundeinstellung der Haspel (bzw. Sollwerte für die Haspeldrehzahlregelung) ist erforderlich. Dafür liegen Ergebnisse vor, die als Einstellempfehlungen in [7] publiziert sind.

### 3. Anforderungen an eine Haspeldrehzahlregelung

Neben den Hauptgebrauchsforderungen an die Haspeldrehzahlregelung (Senkung der Schneidwerksverluste, Vereinfachung und Entlastung bei der Mähdrescherbedienung) basiert die Entwicklung im wesentlichen auf folgenden funktionellen und technischen Forderungen:

- Umschaltbarkeit zwischen den Betriebsarten automatische und manuelle Steuerung (in der Art wie bisher)
- einstellbare Vorwahlwerte für  $\lambda = v_{UH}/v_A$  im Bereich  $0,8 \leq \lambda \leq 2,0$  in Stufen mit  $\Delta\lambda \leq 0,2$
- zulässige Abweichungen vom eingestellten  $\lambda: \Delta\lambda_{zul} \leq \pm 0,1$  (ebenso Abweichungen, die infolge antriebsbedingter Haspeldrehzahlgrenzen und kurzzeitiger extremer Schlupferhöhungen am Fahrwerk auftreten)
- Vermeidung von unnötigen Regelvorgängen bei Leerfahrt mit eingeschalteten Arbeitselementen (z. B. am Vorgewende)
- Verwendbarkeit für alle Getreide- und Rapsschneidwerke mit den Mähdreschern E512, E514 und E516 sowie Nachfolgetypen (vorerst für E516 als Entwicklungsbeispiel)
- Möglichkeit der nachträglichen Ausrüstung vorhandener Schneidwerke und Mähdrescher und damit minimale Erfordernisse für technische Veränderungen der laufenden Serientypen
- hohe Zuverlässigkeit bei geringem Herstellungsaufwand und Sicherung der manuellen Betriebsart bei Ausfall der Automatikfunktion.

Die Untersuchungen zu den möglichen Schneidwerksverlustsenkungen mit Hilfe der Haspeldrehzahlregelung führten zu dem Ergebnis, daß für alle Getreidearten und Raps eine Verlustsenkung möglich ist, wobei für einzelne Fruchtarten, wie Roggen mit bis zu 0,5% und Raps mit rd. 1%, höhere Verlustsenkungsbeträge realisierbar sind. Für die maximalen Anschaffungskosten ist eine Verlustsenkung von 0,1% zunächst als Orientierungswert gesetzt.

### 4. Diskussion der Realisierungsmöglichkeiten

Die Realisierung der arbeitsgeschwindigkeitsproportionalen Haspeldrehzahl durch arbeitsgeschwindigkeitsproportionale Haspelantriebe ist aufgrund der Anforderungen (u. a. Nachrüstbarkeit, geringe technische

Serienveränderungen) nicht möglich. Das Lösungsfeld grenzt sich auf die Verwendung von automatischen Steuerungssystemen ein. Von diesen sind Lösungsvarianten abzuleiten, bei denen die zu steuernde Größe durch eine Steuergröße über einen offenen Signalflußweg (offene Steuerung) zielgerichtet beeinflusst wird. Bei derartigen Lösungen sind gegenüber Steuerungssystemen mit Kreisstruktur (geschlossener Signalflußweg) im konkreten Anwendungsfall keine relevanten Kosteneinsparungen zu erwarten. Sie sind nicht geeignet, Störeinflüsse auf die Haspeldrehzahl, die im Mähdruschprozeß auftreten, auszuschalten. Besonders kann mit ihnen kein zeitvariantes Verhalten des Keilriemenvariators berücksichtigt werden, das sich durch Keilriemenverschleiß ergibt. Für die Lösung der Aufgabe ist die geschlossene Steuerung der Haspeldrehzahl als günstigste Variante zu bewerten. Gleiche Realisierungsgrundkonzepte weisen auch die bekanntgewordenen Serienmuster international führender Hersteller auf.

### 5. Regelungstechnische Untersuchungsergebnisse

Die Regelstrecke – Haspelkeilriemenvariator, Kettentrieb, Haspel und Stellantrieb – weist nichtlineares statisches Verhalten auf (Bild 2).

Dabei nimmt der Übertragungsfaktor über den Stellweg (Haspeldrehzahlsteigerung) progressiv zu. Es hat sich weiterhin gezeigt, daß eine lineare Kennlinie unterstellt werden kann.

Die dynamischen Eigenschaften des Systems sind dadurch gekennzeichnet, daß im Moment eines Eingangsrößeneinschaltens am Stellantrieb integrales Verhalten der Aus-

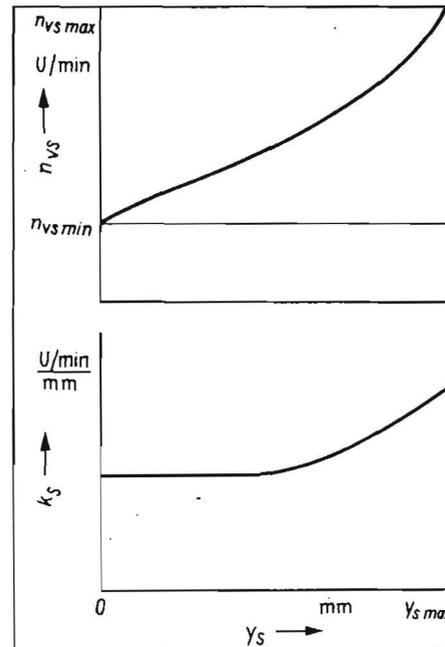


Bild 2 Qualitativer Verlauf der statischen Kennlinie (oben) und des Übertragungsfaktors (unten) der Regelstrecke über den Stellweg

Bild 3 Blockschaltbild des Zweilaufregelkreises

gangsgröße Haspeldrehzahl mit Verzögerung 1. Ordnung und Totzeit vorliegt. Nach einem Abschaltprung der Stellgröße findet eine freie Bewegung des Systems statt (Nachlaufen der Ausgangsgröße). Dieser Übergangsverlauf kann durch die Übergangsfunktion eines  $PT_1$ -Gliedes ausreichend genau approximiert werden.

Die Vorauswahl des Reglertyps führt zur Verwendung eines un stetigen Reglers in Form eines Zweilaufreglers. Dieser ermöglicht an der vorliegenden Strecke mit Ausgleich ein annähernd stetiges Regelverhalten. Um den für einen Zweilaufregelkreis typischen geringen technischen Aufwand zu nutzen, wurde nicht der Quotient  $\lambda$  (erfordert Divisionsoperation in der Informationsverarbeitung), sondern die Haspeldrehzahl als Regelgröße gewählt. Im Gegensatz zur Forderung in Gl. (1) wird von einer konstant gehaltenen kleinsten zulässigen Haspeldrehzahlabweichung als zulässige Regelabweichung ausgegangen

$$\Delta n_{vs,zul} = \pm 10 \text{ U/min}; \Delta v_{UH,zul} = \Delta \lambda_{zul} \cdot v_A = f(v_A) \quad (1)$$

Für die Auswahl und Bemessung der Glieder der Regeleinrichtung stehen folgende unbedingt zu erfüllende Forderungen im Vordergrund:

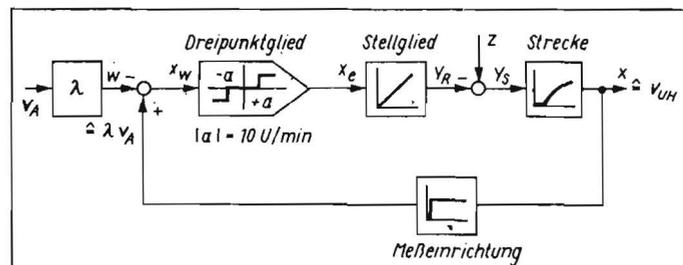
- Einhaltung der zulässigen Regelabweichung
  - Gewährleistung der Regelstabilität
  - Minimierung der Herstellungskosten.
- Als Zielfunktion gilt, daß die Regelgröße stets aperiodisch in die Zone einläuft, die durch die zulässige Abweichung vorgegeben ist. Diese Bedingung ist erfüllt, wenn der durch Totzeit und Trägheit bedingte Nachlauf der Regelgröße nach einem Abschaltprung am Dreipunktschaltglied kleiner als  $2a$  ist (Bilder 3 und 4).

Aus der Differentialgleichung des  $PT_1$ -Gliedes bestimmt sich dafür die maximale Stellgeschwindigkeit am Haspelvariator:

$$v_s \leq \frac{2a}{k_s (t_r + t_s)} \quad (2)$$

Sie beträgt im vorliegenden Fall 2,7 mm/s. Diese Forderung kann nach experimenteller Überprüfung mit dem am Schneidwerk vorhandenen hydraulischen Stellantrieb trotz zusätzlicher Manipulation im Hydraulikkreis nicht erfüllt werden. Entsprechend dem internationalen Entwicklungsstand und eigenen Konzeptionen zu anderen Stellantrieben im Mähdrescher (z. B. Gebläsedrehzahlverstellung) hat sich die Verwendung elektrischer Stellantriebe in Form der Elektromotor-Schraubtrieb-Kombination als günstig erwiesen.

Die regelungstechnischen Untersuchungen ergeben den im Bild 5 dargestellten Signalflußplan des Haspeldrehzahlregelkreises. Er bildete die Grundlage für die konstruktive Gestaltung der Regeleinrichtung.



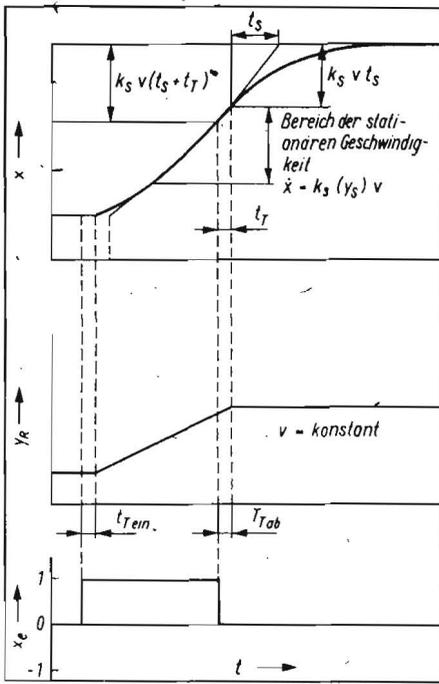


Bild 4  
Qualitative Darstellung  
des Verlaufs der Regelgröße  $x$  beim Abschalten  
des Dreipunktglieds  
 $x_e$  über der Zeit  $t$

Bild 5  
Signalflußplan des Haspel-  
drehzahlregelkreises:  
1, 2 Regelstrecke,  
3, 4 Stellantrieb, 5 Drei-  
punktglied mit Relais-  
ausgang, 6, 7 Drehzahl-  
geber, 8 Fahrertrieb

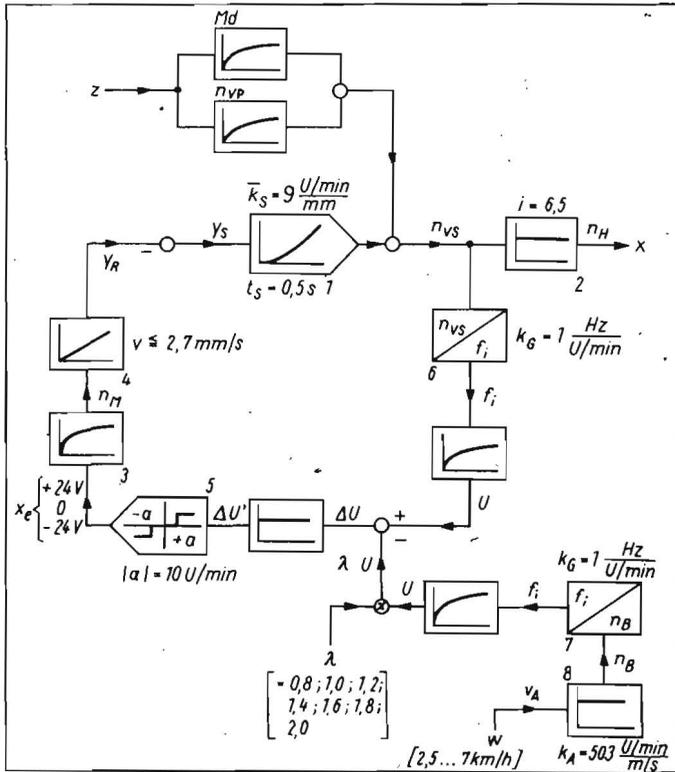


Bild 7. Regler- und Bedienbaugruppe der Haspel-  
drehzahlregel-einrichtung (Einbauansicht  
im Mährescher E516)



gruppe der automatischen Lenkung am E516).

Die Impulsfrequenzen der Näherungsinitiatoren für Haspeldrehzahl und Arbeitsgeschwindigkeit werden mit Hilfe von RC-Gliedern in proportionale Gleichspannungen umgewandelt und gefiltert. Nach Polaritätsumkehr des Meßsignals für Arbeitsgeschwindigkeit und Verstärkung entsprechend dem vom Fahrer eingestellten Wert für  $\lambda$  wird in einem Summierer die Regelabweichung gebildet und durch ein aus 2 Komparatoren bestehendes Dreipunktglied bewertet.

Die Ausgangssignale des Dreipunktglieds steuern über den 2-Kanal-Relaisschaltverstärker den Stellmotor in der zum Ausgleich der Regelabweichung notwendigen Stellrichtung an.

Bei großen Werten von  $\lambda$  und größeren Arbeitsgeschwindigkeiten bzw. bei umgekehrter Situation kann infolge des begrenzten Haspeldrehzahlbereichs eine bleibende Regelabweichung auftreten, deren Ausgleich zu Überlastungen des Stellantriebs führen würde. Um den Stellantrieb davor zu schützen, also gegen Überschreiten der mechanischen Stellweggrenzen, signalisieren justierbare Initiatoren voreinzustellende Endlagen.

Dabei wird das Ausgangssignal des Reglers im Relaisschaltverstärker unterdrückt. Ebenso gelangt bei Stillstand der Haspel kein Stellbefehl zum Motor. Die Signalgewinnung dafür erfolgt über einen Schalter am Schneidwerkskupplungsgestänge. Die Schutz-einrichtungen sprechen sowohl bei Automatikbetrieb als auch bei Handsteuerung an. Zusätzlich wird die Automatikfunktion unterdrückt, wenn das Schneidwerk z. B. am Schwadende angehoben wird, wodurch unnötige Stellvorgänge (Keilriemenverschleiß) vermieden werden.

## 7. Einsatzergebnisse

Der erfolgreiche Einsatz unter Praxisbedingungen (u. a. im VEG „Thomas Müntzer“ Memleben und im VEG[P] Güstrow) und Laboruntersuchungen führten zu folgenden Ergebnissen:

- Die Regeleinrichtung arbeitet stabil, im praktischen Fahrbetrieb sind keine Regelschwingungen zu beobachten.
- Die aufgetretenen  $\lambda$ -Abweichungen liegen in den vorgegebenen Toleranzbereichen und sind z. T. durch Toleranzen der Reglerbauelemente begründet.
- Die Substitution des bisherigen Stellantriebs durch o. g. neue Lösung beeinträchtigt

Bild 6. Meßeinrichtung  
für Variatorausgangsdrehzahl

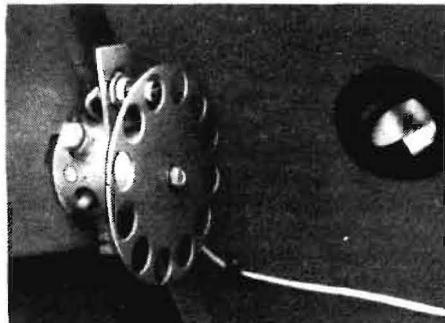
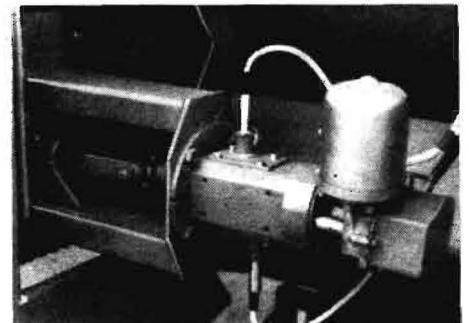


Bild 8. Elektrische Steleinrichtung am Schneidwerk



tigt die manuelle Steuerung in keiner Weise. Die geringeren Stellgeschwindigkeiten der Regeleinrichtung genügen den praktischen Anforderungen. Bei der Bereitstellung von leistungsfähigeren elektrischen Stellmotoren ist eine größere Dauerstellgeschwindigkeit konstruktiv möglich. Diese wäre bei Übergängen von stehendem zu lagerndem Getreide und umgekehrt wünschenswert.

- Der Praxiseinsatz läßt keine prinzipbedingten Zuverlässigkeitsmängel erkennen. Noch vorhandene Schwachstellen sind bei der konstruktiven Weiterentwicklung zum Serienmuster vermeidbar (den Einsatzbedingungen angepaßte Bauteile wie Stecker, Relais, Motoren).
- Mit der Anwendung der Haspeldrehzahlregelung werden deutliche Bedienerleichterungen und Vereinfachungen erzielt, was die Mechanisatoren als besonders vorteilhaft bewerten.
- Mit den Forschungsmustern wurde nachgewiesen, daß Anschaffungskosten möglich sind, die die wirtschaftliche Anwendung ab einer Schneidwerksverlustsenkung  $\geq 0,1\%$  gewährleisten. Dabei sind Effekte durch Bedienerleichterung ökonomisch nicht berücksichtigt.
- Der Einsatz im VEG „Thomas Müntzer“ Memleben zeigte besonders bei Sonderkulturen, daß beträchtliche Verlustsenkungen möglich sind (rd. 50%).

Insgesamt hat sich die vorgestellte Lösung als geeignete Basis für die Weiterentwicklung zum Serienerzeugnis bestätigt. Die Konzeption der Haspeldrehzahlregelung läßt die Nachrüstung im Rahmen der Mähdreschermodernisierung zu. Sie bietet darüber hinaus mit der gewählten Meß- und Stelleinrichtung die Voraussetzungen, die Aufgabe unter Verwendung von Mikroprozessorreglern zu lösen. Die Haspeldrehzahlregelung ist ebenfalls in Mikrorechnerbordsystemen für Mähdrescher als Teilkomponente implementierbar.

### 8. Zusammenfassung

Über die Entwicklung einer Haspeldrehzahlregelung wird berichtet. Ausgangspunkt für die Entwicklungsaufgabe bilden umfangreiche landtechnische Untersuchungen zum Einfluß der Haspeldrehzahl auf die Schneidwerksverluste und zur Senkung der Schneidwerksverluste durch eine arbeitsgeschwindigkeitsproportionale Steuerung der Haspelumfangsgeschwindigkeit. Wesentliche regelungstechnische Untersuchungsergebnisse und der konstruktive Aufbau der Regeleinrichtung werden vorgestellt und ihre Wirkungsweise erläutert. Die Erprobung der ersten Forschungsmuster in mehreren Praxisbetrieben wurde erfolgreich abgeschlossen. Die Ergebnisse belegen, daß mit der Haspeldrehzahlregelung Schneidwerksverlusten

kungen je nach Fruchtart bis zu 50% möglich sind. Es werden deutlich spürbare Bedienerleichterungen erreicht.

### Literatur

- [1] Herrmann, K.: Anforderungen an die Verfahren der Getreideproduktion und deren Mechanisierung. Beitrag zur wissenschaftlichen Arbeitstagung vom 19. bis 21. Sept. 1984 in Leipzig. Wissenschaftliche Beiträge der MLU Halle-Wittenberg (1985) 40, S. 48.
- [2] Lehmann, H.-G.: Zu Fragen der Körnerverlustsenkung am Schneidwerk des Mähdreschers E512. *agrar-technik*, Berlin 25 (1975) 7, S. 352-355.
- [3] Prochazka, B.; Svoboda, J.: Der Einfluß des Arbeitsregimes der Haspel auf die Kornverluste bei der Getreideernte. Kongreß- und Tagungsbericht der MLU Halle-Wittenberg 1976.
- [4] Svoboda, J.; Supuka, J.: Niektore poznatky sledovania strat zrna pri koseni riadkovou kosackou (Einige Bemerkungen zu beobachteten Körnerverlusten beim Ernten mit Mähdrescher). *Zemědělská technika*, Praha 17 (1971) 8, S. 537.
- [5] Beckmann, C.: Untersuchungen zu den Schneidwerksverlusten beim Rapsmähdrusch. WPU Rostock, Dissertation 1983.
- [6] Automatische Haspeldrehzahlregelung für Mähdrescher „E516“. *Wir machen es so*, Markkleeberg 32 (1984) 11, S. 196.
- [7] Degner, J.; Dümichen, H.; Sparing, H.: Wie schnell muß sich die Haspel am MD drehen? Empfehlungen zur verlustsenkenden Einstellung beim Einsatz des E516 im Getreide und Raps. *Bauern-Echo* vom 24. Juli 1985, S. 6.

A 4799

## Aspekte zur Steuerung der Entkörnungs- und Korn-Stroh-Trennungprozesse in Mähdrescherdreschwerken

Dipl.-Ing. H. Dümichen/Dipl.-Ing. G. Hofmann/Dipl.-Ing. G. Meißner  
Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

### Verwendete Formelzeichen

DV	Dreschwerksverluste
KU, KO	untere und obere Grenzen des Konfidenzintervalles
n	Stichprobenanzahl
SDS	Strohdurchsatz
SF	Strohfeuchte
SF <sub>s</sub>	Standardabweichung der Strohfeuchte
SV	Schüttlerverluste
$\alpha$	Irrtumswahrscheinlichkeit
SK (skw)	Korbspaltweite (Skalenwert)

### 1. Problemstellung

Ziel der Prozeßführung im Teilsystem Dreschwerk und Korn-Stroh-Trennung (Tangentialschlagleistentrommel-Dreschkorb-Kombination und Hordenschüttler) des Mähdreschers ist, einen maximalen Durchsatz bei Einhaltung einer vorgegebenen Arbeitsgüte (Kornverluste und -beschädigungen) und minimalem Energieaufwand zu erreichen. Da sich die Mähdruschbedingungen zeitlich und örtlich ändern, ist eine stetige Anpassung der Betriebsweise des Teilsystems (Betriebsparameteranpassung) erforderlich. Mit der ständigen qualitätsgerechten Lösung dieser Aufgabe ist der Mechanisator überfordert [1]. Dies ist nur mit modernen Mitteln der Automatisierungstechnik möglich. Für die Entwicklung einer derartigen Automatisierungseinrichtung sind Kenntnisse über den Einfluß der Betriebsparameter der

Arbeitsorgane auf die Arbeitsqualität in Abhängigkeit von Stoffkennwerten des Druschgutes und des Durchsatzes notwendig. Dazu sind Prozeßmodelle zu schaffen, die nur in der Einheit von experimenteller (Prüfstands- und Feldversuch) und theoretischer Durchdringung der Prozeßzusammenhänge zu erzielen sind.

Vorrangiges Ziel einer Ausgangsstufe ist, die Grundeinstellung des Dreschwerks den durchschnittlichen Bedingungen eines zu mähenden Getreidebeets bestmöglich im Sinne der Zielfunktion und entsprechend der technologischen Leistungs- bzw. Verlustvorgabe selbsttätig anzupassen.

Unter diesem Aspekt bestehen folgende wesentliche prozeßanalytische Fragestellungen:

- In welchen Durchsatzbereichen sind unter Beachtung der Druschguteigenschaften relevante Einflüsse der Betriebsparameter-einstellung vorhanden und wie stellen sie sich qualitativ und quantitativ dar?
- Auf welche Ausgangsgrößen des Teilsystems wirken sich Einstellunterschiede entscheidend aus?
- Wie werden die Zusammenhänge zwischen Betriebsparametern und Prozeßausgangsgrößen von meßbaren stochastischen Größen des Bestands störend beeinflusst?
- Welche technischen Meßgrößen sind in

der Maschine erforderlich, um nach einer Steuervorschrift eine optimale Grundeinstellung im Sinne der Zielfunktion zu gewährleisten?

Zur Klärung dieser Fragen sind experimentelle Untersuchungen auf ausgewählten Produktionserschlägen mit der in [2] beschriebenen Testtechnik und Versuchsmethodik durchgeführt worden. Erste Ergebnisse und Schlußfolgerungen sollen nachfolgend vorgestellt werden.

### 2. Untersuchungskomplexe

#### 2.1. Vergleich von Einstellkombinationen der Betriebsparameter

Die Grundfrage der Untersuchung bestand in der Überprüfung der These, daß innerhalb eines vorgegebenen fruchtartenspezifischen Wertebereichs für Einstellkombinationen der Betriebsparameter Trommeldrehzahl, Dreschspaltweite, Klappensieböffnung und Reinigungsgebläsedrehzahl druschoptimale Einstellkombinationen existieren. Verglichen wurden die Prozeßergebnisse für 3 Einstellkombinationen entsprechend dem Laststufeneinstellstab am Mähdrescher E516. Es wurde die Möglichkeit überprüft, diese festen Einstellkombinationen für eine Steuervorschrift in Automatisierungseinrichtungen zu verwenden.