

sowohl für die Mährescherfahrer, das leitende Personal als auch die Fahrer der Korntransportfahrzeuge auf dem Felde auszugeben. Zweckmäßigerweise wird ein zentraler Verpflegungsdienst eingerichtet, der sowohl den Mährescherkomplex als auch den Strohbergekomplex mit Speisen und Getränken versorgt.

Die Arbeitsmoral der Komplexmitglieder steigt sehr, wenn entsprechend der Witterung genügend kalte bzw. warme Getränke gereicht werden. Darüber hinaus sollte der Verpflegungsdienst auch Tabakwaren und erfrischendes Obst zum Kauf anbieten.

9. Zusammenfassung

Ausgehend von den Erfahrungen beim Komplexeinsatz der MDE 512 in der Kooperation Lübstorf werden erste Verallgemeinerungen zur Leitung und Organisation des Komplexeinsatzes dieser Mährescher vermittelt sowie die Anforderungen des Mährescherkomplexeinsatzes an Schlaggröße und Produktionseinheit konkretisiert. Die Zweischichtarbeit

bei den neuen Mähreschern und die Aufgaben der technischen Betreuung unter besonderer Berücksichtigung des nächtlichen Durchsichtdienstes sind weitere Schwerpunkte des Beitrages. Die Erläuterung der Aufgaben des Komplexleiters für den Komplex von 5 MDE 512 zeigt, welche neue Qualität man in der Zusammenarbeit der Kooperationspartner erreichen muß, um mit den neuen leistungsfähigen Mähreschern wirklich industriemäßig Getreide ernten zu können.

Literatur

- [1] GRUNEBERG, G.: Die sozialistische Betriebswirtschaft muß zum Allgemeingut aller LPG-Mitglieder werden. Diskussionsbeitrag auf der 3. Tagung des ZK der SED, ND vom 25. Nov. 1967
- [2] KOLLAR, H.: Körnertransport beim Komplexeinsatz der Mährescher E 512 in der Kooperationsgemeinschaft Lübstorf. Deutsche Agrartechnik 18 (1968) H. 6, S. 274 bis 276
- [3] HERRMANN, K.: Ergebnisse der Komplexerprobung der Mährescher E 512 in der Kooperationsgemeinschaft Lübstorf. Deutsche Agrartechnik 18 (1968) H. 6, S. 270 bis 273
- [4] HEYDE, H.: Mechanisierung auf großen Schlägen. Archiv für Landtechnik 3. Bd. (1962) H. 1, S. 3 bis 17
- [5] PAPESCH, J.: Die Planung von Arbeitskampagnen mit Hilfe der Netzwerktechnik. Kooperation 1 (1967) H. 2, S. 18 bis 23 A 7181

Gründe und Möglichkeiten für die Anwendung der Regelungstechnik an Mähreschern¹

Ing. Dr. G. KÜHN, KDT

1. Der Mährescher als Objekt der Regelung

Von der Lageregelung spezieller Hangmährescher abgesehen, beziehen sich die gegenwärtigen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur selbsttätigen Regelung von Stell- oder Arbeitsvorgängen an Mähreschern (MD) vor allem auf drei Bereiche, und zwar auf die Höhenführung des Schneidwerks, auf das selbsttätige Lenken des Mähreschers und auf das Aufrechterhalten einer zeitlich möglichst konstanten vorgegebenen Dreschwerkbelastung (Durchsatzregelung). Neben einer Verbesserung der Arbeitsbedingungen für den Maschinenführer soll die selbsttätige Regelung dieser Einstell- und Betriebskennwerte zur Verbesserung der Arbeitsgüte und zur Steigerung der Flächenleistung des Mähreschers beitragen.

Als wichtigste Bewertungsgröße für die Arbeitsgüte eines Mähreschers dürften die Körnerverluste der einzelnen Arbeitsorgane, wie Schneidwerk, Dreschtrommel, Strohschüttler und Reinigung, anzusehen sein. Während die Körnerverluste am Schneidwerk von einer Vielzahl bestandeseitig bedingter Einflußgrößen abhängen und durch die Einstellung und Fahrweise der Maschine oft nur unwesentlich zu beeinflussen sind, lassen die Dreschwerkverluste eindeutige Zusammenhänge zum Durchsatz, d. h. zu der je Zeiteinheit zu verarbeitenden Getreidemenge erkennen (Bild 1). Für die Höhe der Körnerverluste ist allerdings weniger der Gesamtdurchsatz (Körner und Stroh) maßgebend, sondern vielmehr die je Zeiteinheit zu verarbeitende Strohmenge. Aus dem Zusammenhang zwischen Durchsatz und Körnerverlusten folgt, daß ein Mährescher entsprechend seiner Arbeitscharakteristik nur so hoch zu belasten ist, daß die Körnerverluste einen bestimmten vorgegebenen Wert (gewöhnlich 1,5 % Dreschwerkverluste) nicht überschreiten. Andererseits muß der Betriebspunkt auch in der Nähe des zulässigen Wertes für die Körnerverluste liegen, um eine genügende Flächenleistung zu erreichen. Eine Schwierigkeit liegt nun darin, daß die Durchsatz-Verlust-Charakteristik des Dreschwerks (Bild 1) einen parabelförmigen Verlauf aufweist. In einem bestimmten

Arbeitsbereich verursacht eine nur geringfügige Durchsatzerhöhung bereits einen starken Anstieg der Körnerverluste. Ohne wiederholte Verlustkontrollen kann der Mährescherfahrer nur erfahrungsgemäß abschätzen, in welchem Bereich er gerade arbeitet. Dabei kommt es gegebenenfalls zu hohen Körnerverlusten, zumal der steile Anstieg der Verluste meist weit unterhalb der Stopfgrenze der Maschine liegt. Der momentane Durchsatz q eines Mähreschers in Abhängigkeit von der Schnittbreite B , der Arbeitsgeschwindigkeit v_f , dem Körnerertrag Q_k und dem Verhältnis k von Korn:Stroh ist

$$q = 0,01 B v_f Q_k \left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad \begin{array}{c} q \\ \text{kg/s} \end{array} \quad \begin{array}{c} B \\ \text{m} \end{array} \quad \begin{array}{c} v_f \\ \text{m/s} \end{array} \quad \begin{array}{c} Q_k \\ \text{dt/ha} \end{array} \quad \begin{array}{c} k \\ - \end{array} \quad (1)$$

Damit ergeben sich als hauptsächliche Störgrößen, die einen gewählten Betriebszustand des Mähreschers beeinflussen,

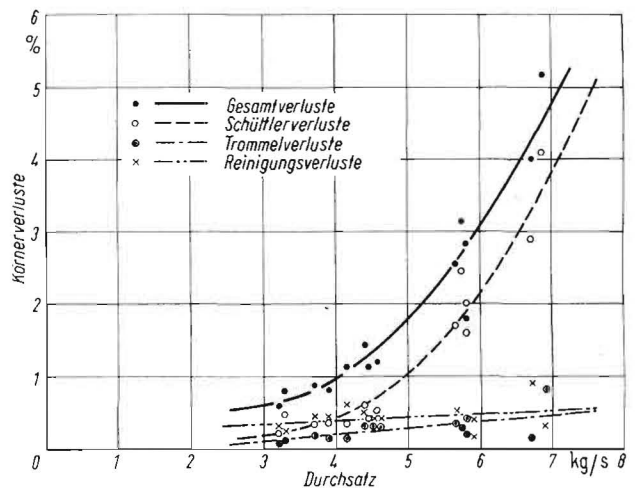


Bild 1. Arbeitscharakteristik eines Mähreschers (Durchsatz-Verlust-Charakteristik für Winterweizen)

¹ Eingang des Manuskripts am 1. Februar 1968

Abweichungen von bestimmten Einstellwerten, wie Arbeitsbreite und Fahrgeschwindigkeit, und Änderungen der Bestandesdichte. Auch Abweichungen vom Einstellwert „Schnitthöhe“ können den Betriebszustand erheblich stören, da sie eine Änderung des Verhältnisses von Korn:Stroh zur Folge haben. An den betreffenden Stellgliedern zur Beeinflussung dieser Werte kann und muß die Regelungstechnik ansetzen, um den Betriebszustand des Mähdreschers entgegen der Wirkung von Störgrößen auf einem vorgegebenen optimalen Wert zu halten. Allein mit Hilfe seiner Sinnesorgane ist der Mähdrescherfahrer zumeist nicht in der Lage, Abweichungen der wichtigsten Betriebsgrößen vom Optimalwert hinreichend genau zu erfassen, um durch Handbetätigung der betreffenden Stellglieder hierauf genügend schnell zu reagieren.

2. Höhenführung des Schneidwerks

Die selbsttätige Höhenführung des Schneidwerks hat zunächst die Aufgabe, die Arbeit des Mähdrescherfahrers zu verringern. Mit zunehmender Arbeitsbreite wird die Übersicht über das Schneidwerk schlechter und das Einhalten einer gleichmäßigen Stoppelhöhe schwieriger. Bei den heute üblichen Mähdrescheraufbauten als Selbstfahrer wird bis zu $\frac{1}{3}$ der jeweils zur Beurteilung der Stoppelhöhe geeigneten gemähten Fläche dem Gesichtsfeld des Fahrers durch den Schrägförderschacht entzogen. Bodenberührungen in Schneidwerkmitte können deshalb erst bemerkt werden, wenn sich Erde nach vorn auf den Mähbalken schiebt. In diesem Fall sind Betriebsunterbrechungen zum Reinigen des Schneidwerktrags meist unumgänglich. Darüber hinaus erschwert der steile Blickwinkel von dem verhältnismäßig hoch angeordneten Fahrerstand auf die Stoppeln das Einschätzen der tatsächlichen Stoppelhöhe. Hierdurch wird besonders Nacharbeit beeinträchtigt. Die sich zunehmend einführenden Fahrerkabine gestalten diese Bedingungen zumeist noch ungünstiger.

Hinsichtlich einer günstigen Belastung des Dreschwerks hat die selbsttätige Höhenführung des Schneidwerks u. a. dafür zu sorgen, daß bestimmte Werte der Stoppelhöhe nicht unterschritten werden. Zu tiefes Schneiden erhöht den zu verarbeitenden Strohanteil und erschwert gegebenenfalls die Arbeitsbedingungen, da das Stroh in Erdbodennähe feuchter ist und zusätzlich Grünbestandteile (Unkräuter) aufgenommen werden. Eine Zunahme des Strohanteils, der Strohfuchte und der Grünbestandteile hat fast stets beträchtlich höhere Körnerverluste am Dreschwerk zur Folge. Stroh, das aus betriebswirtschaftlichen Gründen auf dem Acker verbleiben kann, sollte deshalb nicht erst durch die Dreschmaschine des Mähdreschers geschickt werden, um es anschließend zu häckseln und breitzustreuen. Es kann durch geeignete Wahl der Stoppelhöhe auch unmittelbar auf dem Felde stehenbleiben. Die obere Grenze der Stoppelhöhe hat

sich in diesem Falle nur danach zu richten, daß mit Sicherheit alle Ähren vom Schneidwerk erfaßt werden. Die hierdurch zu erreichende geringere Beaufschlagung des Dreschwerks mit Stroh würde eine bedeutende Steigerung der Dreschleistung und der Flächenleistung des Mähdreschers bei gleichen Körnerverlusten zulassen. Lösungen in dieser Richtung wurden bereits vor einigen Jahren mit den sogenannten doppelten Schneidwerken für Mähdrescher angestrebt [1]. Ihrer Einführung stand offenbar der damalige Zwang zur Bergung des gesamten Strohs entgegen. Das Einarbeiten längerer Stoppeln in den Boden bereitet zwar ebenfalls Schwierigkeiten, dürfte aber mit vertretbarem Aufwand lösbar sein.

Die technischen Lösungsmöglichkeiten zur selbsttätigen Höhenführung des Schneidwerks lassen sich der Gruppe der bodengeführten oder der Gruppe der lageerregelten Schneidwerke zuordnen. Bei Bodenführung stützt sich das durch Federn entlastete Schneidwerk über Gleitschuhe oder Rollen ständig auf der Bodenoberfläche ab und kann sich damit in einem bestimmten Bereich selbsttätig den Bodenunebenheiten anpassen. Die hierfür erforderliche aufwendige bewegliche Aufhängung des gesamten Schneidwerks und Schwierigkeiten auf wenig tragfähigen Böden sowie die Tatsache, daß eine optimale Anpassung an Bodenunebenheiten auf Grund der Federkennlinie der Entlastungsfedern nur in einem bestimmten Höhenbereich möglich ist, trugen dazu bei, daß derartige Lösungen — obwohl seit Jahren bekannt — selten ausgeführt wurden.

Zur Lagerregelung des Schneidwerks werden Meßfühler verwendet, die die Bestandeshöhe oder die Bodenoberfläche abtasten. Bei Abweichungen der Schnitthöhe von einem vorgegebenen Sollwert gibt der Meßfühler ein Signal an ein Wegeventil, das die Hydraulikanlage des Mähdreschers zum Heben oder Senken des Schneidwerks veranlaßt. Eine Lagerregelung durch Abtasten der Bestandeshöhe soll gewährleisten, daß dem Mähdrescher unabhängig von der Halmhöhe des Bestandes nur die Strohmenge zugeführt wird, die einem günstigen Verhältnis von Korn:Stroh entspricht [2]. Derartige Lösungen sind jedoch über das Versuchsstadium noch nicht hinausgekommen. Regeleinrichtungen mit bodenabtastenden Meßfühlern dagegen werden bereits serienmäßig gefertigt. Als selbständige Baugruppen können sie nachträglich an Mähdrescher angebaut werden [3].

Für eigene Untersuchungen wurde ein Mähdrescher mit einer als Zweilaufregler ausgebildeten Regeleinrichtung versehen. Bei ihr befinden sich die bügelartigen Taster starr auf einer gemeinsamen Welle, die unter dem Fingerbalken angebracht ist (Bild 2). Die Welle ist über Gestänge mit einem elektrischen Schalter (Dreipunktglied) verbunden. Von diesem Schalter wird ein elektro-hydraulisch vorgesteuertes Wegeventil betätigt, das im Hydrauliksystem der Arbeitszylinder des Schneidwerks liegt. Der Sollwert für die Stoppelhöhe läßt sich durch Ändern des Übersetzungsverhältnisses im Gestänge zwischen Tasterwelle und Schalter einstellen. Er sollte entgegen der vorliegenden Ausführung vom Fahrerstand her einstellbar sein, um die Schnitthöhe bei lagerndem Getreide erforderlichenfalls schnell herabsetzen zu können. Der Ansprechwert des Schalters wurde auf 20 mm Tasterweg eingestellt. Um mit diesem Wert ein stabiles Arbeiten des Regelkreises zu erreichen, mußte die Stellgeschwindigkeit des Schneidwerks im Vergleich zur Steuerung von Hand auf etwa die Hälfte herabgesetzt werden (auf rd. 100 mm/s beim Heben und Senken). Zum schnellen Heben und Senken an den Schlagenden wurde das handbetätigte Wegeventil parallel zum Ventil der Regeleinrichtung in der Hydraulikanlage belassen. Nach Unterbrechen des Stromkreises für den elektrischen Schalter ließ sich das Handventil uneingeschränkt betätigen. Bei den genannten Größen für Ansprechwert und Stellgeschwindigkeit wurde bei ungünstigen Bodenverhältnissen eine maximale Schalthäufigkeit von 1000/ha gemessen.

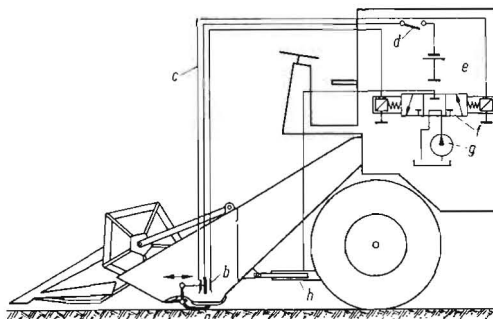


Bild 2. Selbsttätige Höhenführung des Mähdrescherschneidwerks mit Hilfe eines Zweilaufreglers;
a Meßfühler (Taster), b Schalter (Dreipunktglied), c Leitungen zur Signalübertragung, d Ausschalter, e Spannungsquelle, f elektro-hydraulisches Wegeventil, g Hydraulikpumpe, h Arbeitszylinder zum Heben und Senken des Schneidwerks

Die Regeleinrichtung arbeitete auch bei hohen Fahrgeschwindigkeiten (bis 7 km/h) zufriedenstellend. Im Vergleich zur Regelung der Schnitthöhe von Hand traten Verstopfungen am Fingerbalken durch Erdgriff nur sehr selten auf. Das Fehlen des Zwanges zur ständigen Kontrolle der Stoppelhöhe gab dem Mähdrescherfahrer die Möglichkeit, sich mehr auf andere Vorgänge zu konzentrieren. Die Entlastung des Fahrers durch die selbsttätige Höhenführung trat besonders bei großen Fahrgeschwindigkeiten hervor. Bei ungünstigen Bodenverhältnissen und geringer Stoppelhöhe ließen sich Fahrgeschwindigkeiten von mehr als 6 km/h nur in Verbindung mit der selbsttätigen Höhenführung des Schneidwerks erreichen.

Da die Taster bei der Bodenabtastung ausreichende Stellkräfte aufbringen können, ist über Gestänge oder Seilzug auch ein unmittelbares Betätigen des hydraulischen Steuerschiebers möglich. Derartige Lösungen sind bereits bekannt [3]. Auf Grund der Einfachheit und der Betriebssicherheit dürfte die elektrische Signalübertragung jedoch vorteilhafter sein. Sie hat ferner den Vorzug, mit wenig Aufwand eine aufgelöste Anordnung der Meßfühler zu erreichen. Um das Bodenprofil zusätzlich vor den Fingerbalken abzutasten, könnten beispielsweise mit Schaltern versehene Halmteiler als Meßfühler dienen. Bei Verwendung mehrerer unabhängig voneinander arbeitender Meßfühler ist aus Sicherheitsgründen durch entsprechende Schaltanordnung dafür zu sorgen, daß Signale zum Heben des Schneidwerks Senksignalen übergeordnet sind. Eine elektrische Signalübertragung erleichtert ferner die Verknüpfungen zwischen selbsttätiger Regelung und Handbetätigung. In diesem Zusammenhang ist zu fordern, daß das Schneidwerk vor Einfahren in den Bestand durch ein einmaliges kurzzeitiges Betätigen einer Taste oder eines Hebels mit großer Stellgeschwindigkeit auf die vorgegebene Schnitthöhe geht und sich auf selbsttätige Höhenführung umschaltet. Sinngemäß muß das Schneidwerk beim Ausfahren aus dem Bestand durch einen kurzen Steuerimpuls mit großer Stellgeschwindigkeit auf eine bestimmte Höhe gehen. Hierdurch wird ein zügiges Manövrieren an den Schlagenden erreicht, und der Fahrer kann sich auf andere Steuervorgänge, wie beispielsweise das Einstellen der Haspel oder das Betätigen der Dreschwerk- oder Schneidwerkkupplung, konzentrieren. Höhere Stellgeschwindigkeiten des Schneidwerks an den Schlagenden sind erforderlich, um mit dem Schneidwerk nicht in Strohschwade zu fahren.

3. Selbsttätige Lenkung

Bei selbsttätiger Lenkung hat der Mähdrescher ohne Eingriff von Hand einer vorgegebenen Solllinie zu folgen. Als Solllinie, die zum Zweck der Regelung von Meßfühlern abzutasten ist, dient beim Mähdrusch die Bestandeskante und beim Schwaddrusch das Schwadprofil. Als Meßfühler zum Abtasten der Bestandeskante sind mechanische Taster geeignet, die seitlich vor dem Schneidwerk angebracht werden (Bild 3). Die Regelgröße ist der Abstand eines Festpunktes am Schneidwerk von der Bestandeskante. Bei Abweichungen vom Sollwert setzt das Taster signal ein hydraulisches Wegeventil in Tätigkeit, das seinerseits die entsprechende Seite des Arbeitszylinders der hydraulischen Lenkhilfe mit Druck beaufschlagt. Die hierdurch ausgelöste Lenkkorrektur dauert an, bis die Regelabweichung ausgeglichen ist. Die Verbindung zwischen selbsttätigem Lenksystem und Handlenkung ist am besten durch Verwendung vollhydraulischer Lenkgetriebe (Orbitrollenlenkung) [4] zu erreichen. Aus Gründen des Arbeitsschutzes und des Verschleißes ist bei selbsttätiger Lenkung eine Rückwirkung der Stellung der gelenkten Räder auf das Lenkrad auszuschließen.

Die Halmwand der Bestandeskante verträgt keine hohen mechanischen Belastungen. Die Anlagekräfte des Tasters müssen deshalb gering gehalten werden. Ein unmittelbares Betätigen hydraulischer Wegeventile durch den Taster

scheidet damit aus, so daß die Signale des Meßfühlers zu verstärken sind. Um Fehlstellen im Bestand zu überbrücken, werden gegebenenfalls in Fahrtrichtung hintereinander versetzt 2 oder mehrere Meßfühler angeordnet.

4. Durchsatzregelung

Die meisten der bisher veröffentlichten Arbeiten zur Durchsatzregelung gehen davon aus, daß zur Aufrechterhaltung eines günstigen Betriebszustandes dem Dreschwerk entgegen der Einwirkung von Störgrößen eine zeitlich konstante Dreschgutmenge zugeführt werden soll [5] [6]. Als hauptsächliche Störgröße wird der Unterschied in der je Flächeneinheit vorhandenen Getreidemasse angesehen. Angaben über Unterschiede der Bestandesdichten bei Getreide schwanken in relativ weiten Grenzen [7] [8]. Die Werte sind jedoch im allgemeinen so groß, daß ihr Einfluß auf das Betriebsverhalten des Mähdreschers nicht vernachlässigt werden darf. Geht man davon aus, daß es vor allem die je Zeiteinheit zu verarbeitende Strohmenge ist, die die Höhe der Körnerverluste maßgebend bestimmt, ist bei der Durchsatzregelung für einen zeitlich konstant bleibenden Strohdurchsatz q_s zu sorgen. Mit Q_s als Strohertrag erhält (Gl. 1) die Form

$$q_s = 0,01 B v_r Q_s \quad (1)$$

Vorausgesetzt, daß die Schnittbreite konstant ist, ergibt sich als Bedingung für einen konstanten Strohdurchsatz

$$v_r \cdot Q_s = c \quad \text{mit } c = \frac{q_s}{0,01 \cdot B} = \text{const} \quad (2)$$

$$\text{und } v_r = \frac{c}{Q_s}.$$

Daraus folgt, daß unter den genannten Voraussetzungen der Strohdurchsatz eines Mähdreschers bei Änderung der Be-

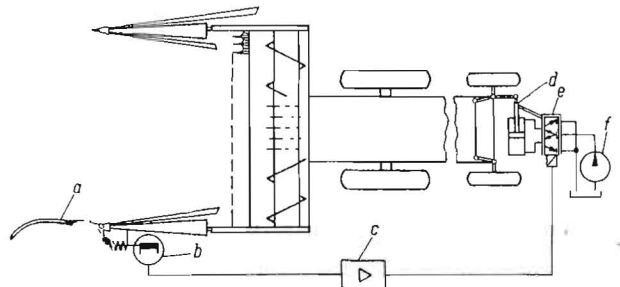


Bild 3. Arbeitsschema einer selbsttätigen Lenkung; a Meßfühler (Taster), b Meßwandler, c Verstärker, d Arbeitszylinder für hydraulische Lenkung, e Wegeventil, f Hydraulikpumpe

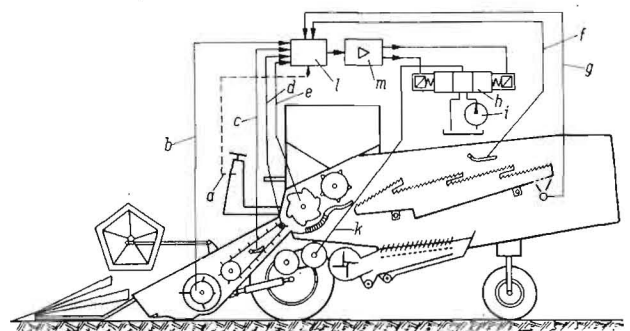


Bild 4. Arbeitsschema zur Durchsatzregelung beim Mähdrescher; a Sollwertvorgabe, b bis g mögliche Meßstellen zur Gewinnung der Regelgröße (b Antriebsmoment Halmstrecke, c Schichtdicke des Halmgutstroms im Schrägförderschacht, d Antriebsmoment obere Schachtwelle, e Antriebsmoment Dreschtrommel, f Schichtdicke des Halmgutstroms auf dem Strohschüttler, g Körnerabscheidung am Schüttlerende), h hydraulisches Wegeventil, i Hydraulikpumpe, k hydraulisch betätigter Fahrvariator, l Vergleichsstelle für Soll- und Istwert, m Verstärker

standesdichte durch Verändern der Fahrgeschwindigkeit konstant gehalten werden kann.

Zur Veränderung der Fahrgeschwindigkeit kann der Regler die Stellung des Keilriemenvariators für den Fahrtrieb beeinflussen. Das Stellglied ist gewöhnlich ein hydraulischer Arbeitszylinder (Bild 4). Der Durchsatz selbst ist reglungs-technisch nur als Aufgabengröße zu betrachten, denn es sind bisher keine Meßeinrichtungen bekannt, mit deren Hilfe er stetig oder zumindest in hinreichend kurzen Zeitabständen gemessen werden kann. Als Regelgrößen dienen vielmehr gut meßbare mechanische Größen, wie Wege, Kräfte oder Drehmomente, die in einem eindeutigen Zusammenhang zum Durchsatz stehen (Bild 4). Beispielsweise sind die Schichtdicken des Halmgutstroms im Mähdrescher und die Antriebsmomente der Antriebsorgane, die vom Halmgutstrom durchlaufen werden, zumeist annähernd linear abhängig vom Strohdurchsatz. Für die Abhängigkeit

der Körnerverluste am Dreschwerk von diesen Größen ergibt sich ein gleicher Verlauf wie bei der Durchsatz-Verlust-Charakteristik (Bild 1). Der steile Anstieg der Körnerverluste nach Überschreiten des Sollwertes deraartiger Regelgrößen stellt hohe Anforderungen an die Genauigkeit der Regelung. Besonders nachteilig ist jedoch der Umstand, daß die Körnerverluste je nach Beschaffenheit des Dreschgutes bei gleichem Wert der Regelgröße in erheblichen Grenzen schwanken können. Für die Abhängigkeit der Schüttlerverluste vom Antriebsmoment der Dreschtrommel sind beispielsweise bei Versuchen mit Weizen drei Bereiche eindeutig voneinander abzugrenzen (Bild 5a, b).

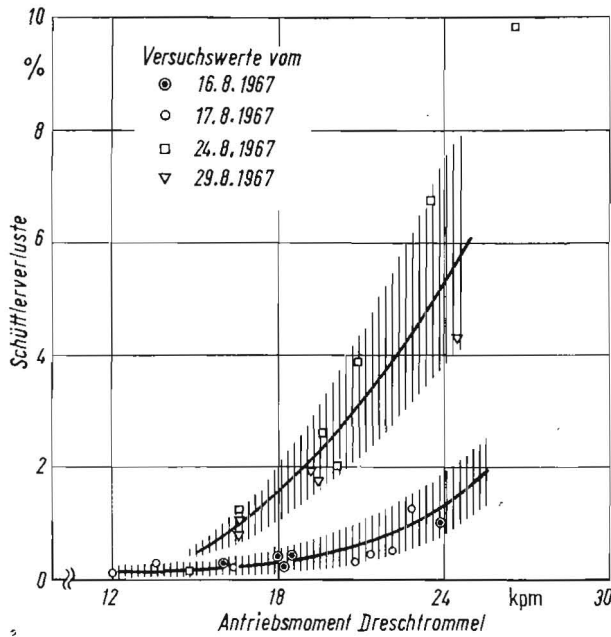
Der Verlauf der Abhängigkeit zwischen Schüttlerverlusten V und Antriebsmomenten bestimmter Arbeitsorgane läßt sich verhältnismäßig gut durch Potenzfunktionen annähern, und zwar ist

$$V = A (M - M_0)^K. \quad (3) \quad M \text{ Gesamtantriebsmoment} \\ M_0 \text{ Leerlaufmoment} \\ A \text{ ein jeweils konstanter Faktor}$$

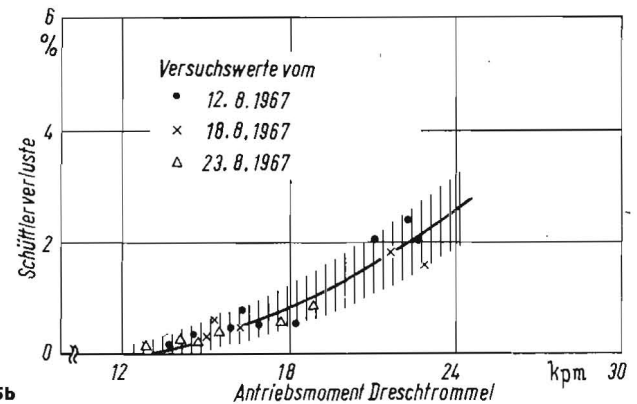
Mit dem Antriebsmoment der Dreschtrommel in kpm ergeben sich aus den Versuchen für die Schüttlerverluste folgende Zahlenwerte

$$V = (0,3 \dots 3,2) 10^{-5} (M - M_0)^4 \quad [\%].$$

Die Körnerverluste steigen also mit der 4ten Potenz des Antriebsmoments (der gleiche Exponent gilt übrigens auch für den Anstieg der Schüttlerverluste in Abhängigkeit vom Durchsatz!). Der Schwankungsbereich von A bringt zum Ausdruck, daß bei den gegebenen Versuchsbedingungen die Maximalwerte der Schüttlerverluste bei gleichem Trommelantriebsmoment um den Faktor 10 größer sind als die Minimalwerte (Bild 5c).



5a



5b

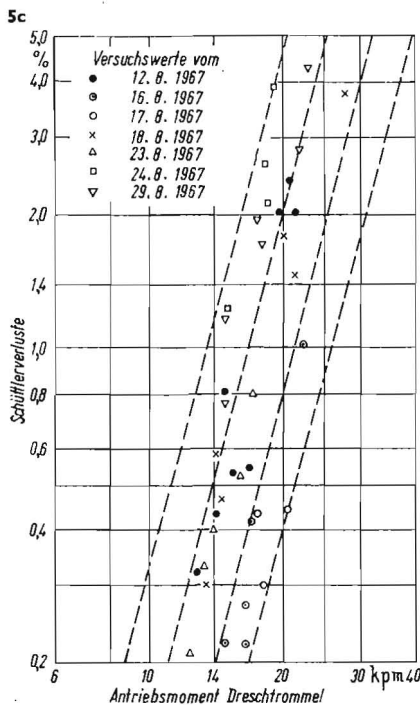
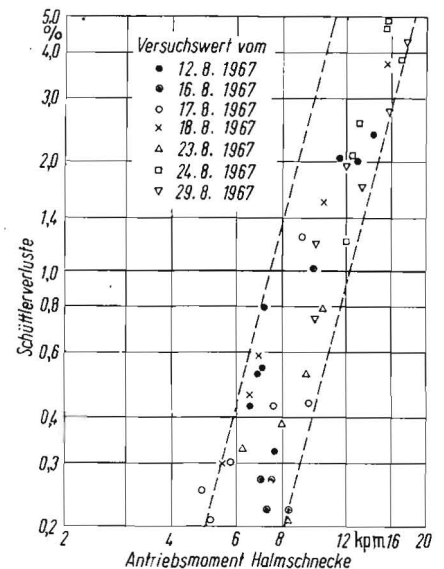


Bild 5
Schüttlerverluste in Abhängigkeit vom Dreschtrommel-Antriebsmoment bei unterschiedlichen Weizenbeständen;
a) 16. und 17. Aug. 1967 Bestand mit stärkerem Grünbesatz, 24. und 29. Aug. 1967 Bestand mit sehr geringer Strohfeuchte;
b) durchschnittliche Bestandsverhältnisse;
c) Werte von a) und b) in doppeltlogarithmischem Papier aufgetragen

Bild 6
Schüttlerverluste in Abhängigkeit vom Antriebsmoment Halm Schnecke



Die entsprechenden Werte für das Antriebsmoment der Halm-schnecke lauten

$$V = (0,36 \dots 4,3) 10^{-5} (M - M_0)^4 \quad [0\%].$$

Für die Halm-schnecke ließen sich die einzelnen Versuchsreihen in bezug auf die Meßwertverteilung nicht voneinander trennen (Bild 6).

Als wichtigste Einflußgrößen, die dafür verantwortlich sind, daß die Schüttlerverluste bei gleichen Antriebsmomenten stark voneinander abweichen, sind Reifegrad, Strohfuchte und Grünbesatz zu nennen. Auch Maschineneinstellwerte, wie Veränderungen der Dreschspaltweite, wirken sich in diesem Zusammenhang aus. Da sich die Einflußgrößen oder zumindest einige dieser Größen auf ein und demselben Schlag und im Verlauf weniger Stunden wesentlich ändern können, erscheint eine Durchsatzregelung mit den genannten Regelgrößen als Festwertregelung als sehr fraglich. Der Übergang zu einer Folgeregelung, bei der die drei genannten wichtigsten Einflußgrößen als Führungsgrößen dienen, setzt voraus, daß diese Größen stetig oder zumindest in hinreichend kleinen Zeitabständen gemessen werden können. Eine Lösung dieser Aufgabe bei vertretbarem technischen Aufwand ist noch nicht abzusehen.

Unter der Voraussetzung, daß der Durchsatz auch von der Schichtdicke des Halmgutstroms linear abhängt, lassen sich die für das Drehmoment als Regelgröße angestellten Betrachtungen auch auf die Schichtdicke des Halmgutstroms übertragen.

Um meßbare Größen zu finden, die einerseits mit den Körnerverlusten am Dreschwerk in eindeutigen Zusammenhang stehen und andererseits weniger stark von den z. Z. unkontrollierbaren Einflußgrößen abhängen, wurde die Körnerabscheidung im Endabschnitt des Strohschüttlers untersucht. Bei einer Meßanordnung wurde die Abscheidung eines relativ großen Schüttlerabschnittes über der halben Schüttlerbreite erfaßt. Der Vergleich der abgeschiedenen Körnermenge mit den Schüttlerverlusten ergab, daß das Verhältnis dieser beiden Größen weniger stark von bestandesseitig bedingten Einflußgrößen abhängt (Bild 7). Die Annäherung durch eine Potenzfunktion mit der Abscheidung a in Prozent der gesamten Körnermenge des Versuchs ergab für dieselben Versuchsreihen wie bei der Drehmomentmessung die Beziehung einer semikubischen Parabel

$$V = (2,8 \dots 9) a^{1,5} \quad [0\%].$$

Der Anstieg der Körnerverluste in Abhängigkeit vom Meßwert verläuft wesentlich flacher, und die bei einem bestimmten Meßwert vorhandene maximale Größe der Körnerverluste unterscheidet sich vom minimalen Wert nur um den Faktor 3. Da die Abscheidung nur über der halben Schüttlerbreite aufgefangen wurde, ist anzunehmen, daß die Streuung der Meßwerte durch ungleichmäßige Querverteilung des Halmgutstroms in der Maschine vergrößert wurde.

Eine gute Übereinstimmung der Körnerabscheidung mit den Schüttlerverlusten wurde durch eine dem Schüttler nachgeschaltete gesonderte Abscheidevorrichtung erreicht. Bestandesseitige Einflußgrößen machten sich hier kaum noch bemerkbar (Bild 8).

Aus der hierfür gültigen Beziehung

$$V = (3,8 \dots 6,8) a^{1,1} \quad [0\%]$$

ergibt sich ein nahezu linearer Zusammenhang zwischen der Körnerabscheidung und den Schüttlerverlusten. An Stelle der Beschreibung durch eine Potenzfunktion ist daher mit gleicher Berechtigung auch eine lineare Funktion anzusetzen. Bei einer bestimmten Abscheidung beträgt die Schwankung der Schüttlerverluste um den Mittelwert nur etwa $\pm 30\%$. Damit wäre die Körnerabscheidung an der betreffenden Stelle als geeignete Regelgröße anzusehen.

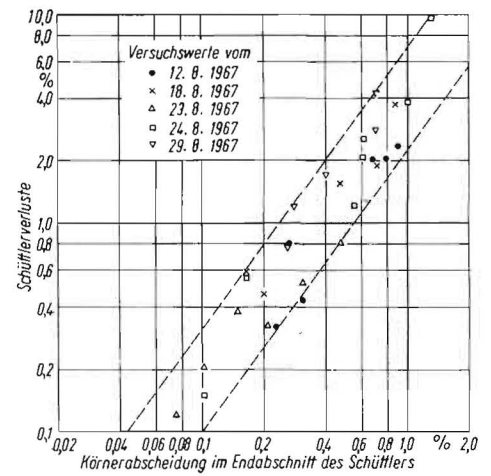


Bild 7. Schüttlerverluste in Abhängigkeit von der Körnerabscheidung am Schüttlerende

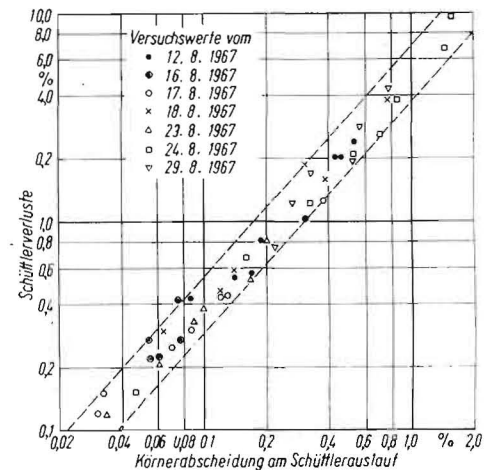


Bild 8. Schüttlerverluste in Abhängigkeit von der Körnerabscheidung am Schüttlerauslauf

Wird die Körnerabscheidung a in Masse je Zeiteinheit bestimmt, ergeben sich die Schüttlerverluste zu

$$V = A \left(\frac{10a}{v_f \cdot B \cdot Q_k} \right)^K \quad [0\%] \quad (4)$$

Darin bedeuten:

v_f Fahrgeschwindigkeit

B Arbeitsbreite

Q_k Körnerertrag

Mit $K = 1$ und $v_f \cdot B \cdot Q_k = \text{const}$ erhält man für $V = f(a)$, die Gleichung einer geraden Linie.

Meßeinrichtungen zum Messen der je Zeiteinheit an den betreffenden Abscheidestellen anfallenden Körnermenge sind bereits bekannt [9]. Die Reinigung der Körner von den abgeschiedenen Strohbestandteilen erfordert einen gewissen zusätzlichen Aufwand.

Für die weiteren Betrachtungen erscheint es angebracht, die Aufgabengröße der Regelung neu zu bestimmen. Nicht der Durchsatz, sondern die Körnerverluste am Strohschüttler sind als Aufgabengröße anzusehen. Sie sind repräsentativ für die Körnerverluste des gesamten Dreschwerks. Dresch-trommel- und Reinigungsverluste liegen noch in vertretbaren Grenzen, wenn die Schüttlerverluste bereits unzulässig hohe Werte erreicht haben (Bild 1). Die Schüttlerverluste als Regelgröße ansehen zu wollen, ist wenig sinnvoll. Als Regelgröße müßte man sie unmittelbar messen können. Regelungstechnisch bereitet die Körnerabscheidung als Regelgröße gewisse Schwierigkeiten. Die Totzeit der Regel-

strecke nimmt Werte von 8 bis 10 s an und schließt damit ein Ausregeln von Regelabweichungen über kürzere Fahrtstrecken aus. Je nach dem Zeitverhalten der Störgrößen wird ein mehr oder weniger gutes Arbeiten einer derartigen Regelung zu erreichen sein.

In Bezug auf die Totzeit ist eine Durchsatzregelung mit dem Antriebsmoment bestimmter Arbeitsorgane oder mit der Schichtdicke des Halmgutstroms als Regelgröße günstiger zu bewerten. Je weiter hierbei die Regelgröße entgegen der Flußrichtung des Halmgutstroms im Mähdrescher nach vorn verlegt werden kann, desto bessere Bedingungen ergeben sich.

Es wäre daher vorteilhaft, eine der bekannten Durchsatzregelungen mit geringer Streckentotzeit mit den durch Messen der Körnerabscheidung im Endabschnitt des Schüttlers genau zu erfassenden Schüttlerverlusten zu verknüpfen. Mit der Körnerabscheidung am Strohschüttler als Regelgröße könnte die Regelgüte durch eine Störgrößen-aufschaltung verbessert werden. Als Störgrößen wären die Antriebsmomente von Dreschtrommel oder Halm-schnecke sowie die Schichtdicke des Halmgutstroms im Schrägförder-schacht geeignet. Werden diese Größen jedoch als Regel-größen verwendet, könnte die Körnerabscheidung am Strohschüttler als Führungsgröße herangezogen werden. Bei Abweichungen der Schüttlerverluste von einem vorgegebenen Wert würde der Sollwert der Regelung durch die Führungsgröße entsprechend verstellt werden. Im einfachsten Fall, bei Direktanzeige der Größe der Schüttlerverluste, ließe sich die Sollwertkorrektur von Hand vornehmen. Eine selbsttätige Sollwertkorrektur könnte derart aufgebaut sein, daß die Größe der Körnerabscheidung in gewissen Zeitabschnitten abgetastet und der zeitliche Verlauf der Meßwerte mit Hilfe von Rechengliedern für die Sollwertverstellung ausgewertet wird.

Durchsatzregelungen, die nur dafür sorgen, daß die dem Dreschwerk zugeführte Dreschgutmenge zeitlich konstant bleibt, wurden zumeist in Trockengebieten und beim Schwad-drusch untersucht. Unter derartigen Bedingungen ist die physikalische Beschaffenheit des Dreschgutes relativ gleichmäßig. Ein einmal auf die Körnerverluste am Dreschwerk abgestimmter Sollwert gewährleistet damit für längere Zeit, daß die Dreschwerksverluste in vertretbaren Grenzen bleiben. Unter unseren Bedingungen jedoch, wo sich Strohfeuchte und Grünbesatz auch auf kleinen Flächen und in kurzen Zeitabschnitten wesentlich ändern können, muß eine Regelung der Belastung des Mähdreschers auf jeden Fall die momentane Höhe der Körnerverluste am Dreschwerk mit berücksichtigen.

5. Zusammenfassung

Die Anwendung der Regeltechnik am Mähdrescher soll neben einer Erleichterung der Arbeit für den Mähdrescherfahrer vor allem zur Verbesserung der Arbeitsgüte und zur Steigerung der Flächenleistung beitragen. Durch die selbsttätige Höhenführung des Schneidwerks und die selbsttätige Lenkung des Mähdreschers wird der Mähdrescherfahrer von zwei Aufgaben befreit, die fast ständig seine volle Aufmerksamkeit beanspruchten. Er erhält dafür die Möglichkeit zur regelmäßigen Überwachung und Kontrolle des Arbeitsprozesses der Maschine.

Als wichtiges Merkmal für die Arbeitsgüte eines Mähdreschers sind die Körnerverluste anzusehen. Aus der Durchsatz-Verlust-Charakteristik des Dreschwerks ergibt sich ein enger Zusammenhang zwischen Arbeitsgüte und Leistung des Mähdreschers. Mit Hilfe der Regel-technik ist dafür zu sorgen, daß einerseits die Körnerverluste einen bestimmten vorgegebenen Wert nicht überschreiten und daß andererseits dem Dreschwerk eine den zulässigen Körnerverlusten zugeordnete maximale Dreschgutmenge zugeführt wird. Auf Grund des Wirkens verschiedener Einflußgrößen auf die Höhe der Körnerverluste wird eine Durchsatzregelung als Festwertregelung, bei der die Regelgröße das Antriebsmoment bestimmter Arbeitsorgane oder die Schichtdicke des Halmgutstroms ist, den Anforderungen unter unseren Bedingungen gewöhnlich nicht gerecht. Eine derartige Regelung ist zumindest durch Störgrößen-aufschaltung zu verbessern. Es kann aber auch eine Führungsregelung vorgesehen werden, bei der die Höhe der Schüttler-verluste als Führungsgröße dient. Als Maß für die Größe der Schüttler-verluste ist die im Endabschnitt des Strohschüttlers je Zeiteinheit abgeschiedene Körnermenge geeignet.

Literatur

- [1] KOSWIC, M.: Ährenmähdrusch — ein neues Verfahren zur Rationalisierung der Getreideernte. Deutsche Agrartechnik, Berlin 13 (1963) H. 6, S. 258 bis 260
- [2] KAMINSKI, T. I./G. C. ZOERB: Automatische Regelung der Schnitthöhe nach der Ährenhöhe des Getreides. Transactions ASAE 8 (1965) Nr. 2, S. 284 bis 287
- [3] WIENECKE, F.: Die Körnerfruchternte in den USA. Landtechnik 20 (1965) S. 566 bis 569
- [4] Moderne hydraulische Elemente für Lenkung und Fahrtrieb landwirtschaftlicher Zug- und Arbeitsmaschinen. Landmasch.-Markt 46 (1967) Nr. 7, S. 337 bis 340
- [5] GRUNER, W.: Probleme der Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik in der Landwirtschaft. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Sitzungsbericht 15 (1966) H. 2
- [6] NAKONETSCHINY, I. I./W. D. SCHEPOWALOW: Automatische Regeln des Durchsatzes bei Erntemaschinen. Deutsche Agrartechnik, Berlin 17 (1967) H. 11, S. 522 bis 524
- [7] FEIFFER, R./W. BERGNER/BÖHM, A.: Die Impulssteuerung des Vorschubes — eine Möglichkeit durchgreifender Verlustsenkung an Trommeln und Schüttlern. Deutsche Agrartechnik Berlin 14 (1964) H. 6, S. 257 bis 261
- [8] EIMER, M.: Stand der Regelungstechnik beim Mähdrescher. Grundlagen der Landtechnik 16 (1966) Nr. 2, S. 41 bis 50
- [9] FEIFFER, P./K. DÖHLER/SÖRGEL, K. E.: Elektronische Verlustkontrolle am Mähdrescher. Deutsche Agrartechnik, Berlin 17 (1967) H. 7, S. 296 bis 298 A 7193

Dipl.-Landw. H.-J. HENZE

Untersuchungen über die Lagerung von Futtergetreide in landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften

Problematik

Rhythmus und Umfang des Körneranfalls während der Getreideernte sind durch den Mähdreschereinsatz wesentlich beeinflusst worden. Aus dem vorher bis in den Winter hinein kontinuierlich fließenden Strom von meist trockenem lagerfähigen Getreide ist ein schlagartiger Anfall großer Mengen in fast ausnahmslos lagerunsicherem Zustand geworden.

Die landwirtschaftlichen Betriebe stehen vor der Aufgabe, die Lagerkapazität zu vergrößern, zumal die Scheunen, in denen das mit dem Mähbinder geerntete Getreide früher bis zum Drusch gelagert wurde, für eine Körnerlagerung unbrauchbar sind. Weil das feuchte Mähdruschgetreide eine zusätzliche Trocknung erforderlich macht, muß die Vergrößerung der Lagerkapazität mit der Schaffung von Trocknungsmöglichkeiten verbunden sein. Ohne ausreichende Trocknungskapazität ist der Lagerraum nicht voll nutzbar [1].

In der Perspektive soll die Futtergetreidelagerung aus dem landwirtschaftlichen Betrieb ausgegliedert werden; das heißt, daß der größte Teil des Futtergetreides vom MD direkt an die Betriebe der VVB Getreidewirtschaft geliefert wird. Bis zur Lösung dieses Problems muß aber noch ein Weg gefunden werden, der es ermöglicht, die Getreidelagerung ohne größere Investitionen zu verbessern. Unsere Untersuchung soll Grundlagen für die Lösung dieser Probleme liefern, die mit dem Einsatz des neuen MD E 512 noch mehr an Bedeutung gewinnen.

Umfang, Ziel und Ergebnis der Untersuchungen

Untersucht wurden 18 LPG im Kreis Wittenberg. Die Auswahl wurde so getroffen, daß das Mittel etwa dem Republikdurchschnitt entspricht.