

Druschfrüchternte und -aufbereitung

Wie bereits in unserem Heft 6/1967 angekündigt, setzen wir hier die Veröffentlichung von Beiträgen über diesen landwirtschaftlichen Arbeitsschwerpunkt fort. Einleitend wird über elektronische Verlustmessung am Mähdrescher berichtet. Uns ist bekannt, daß über die in dieser Abhandlung erörterten Probleme ein wissenschaftlicher Meinungsstreit besteht. Wir würden es deshalb begrüßen, wenn dazu Stellungnahmen eingingen, die wir dann ebenfalls veröffentlichen wollen, um so zur Klärung beizutragen. Die folgenden Aufsätze gehen ebenfalls auf Fragen der Verlustsenkung und des Möhdreschereinsatzes ein.

Im zweiten Teil der Beitragsreihe werden Fragen der Ernteaufbereitung und -lagerung behandelt, soweit dabei Maschinen und Aggregate aus der Produktion des VEB Landmaschinenbau Petkus Wutha Anwendung finden. Abschließend folgen Aufsätze über den Saatgutbeizer K 619 und seine Prüfung. Die Redaktion

Elektronische Verlustkontrolle am Mähdrescher

Dr. P. FEIFFER, KDT, Nordhausen *
Ing. K. DÖHLER / K. E. SÖRGE, Dresden **

Elektronische Meß- und Steuervorgänge an Landmaschinen haben in jüngster Zeit mehr und mehr Bedeutung erlangt. Dabei werden jedoch zumeist nur die komplizierten Arbeitsgänge verändert, die bisher von Mechanisierung und Automatisierung unberührt geblieben waren.

Die Hauptanwendungsgebiete elektronischer Meß- und Steuervorgänge sind dabei:

das Auswählen der zu pflückenden, zu schneidenden oder zu verhackenden Pflanzen,

das rechtzeitige Auslösen einzelner Arbeitsgänge und mechanischer Verfahren, abhängig von bestimmten Pflanzenkonsistenzen,

das fortlaufende Messen und Regeln von Drehzahlen und Frequenzen in Abhängigkeit von Boden und Pflanze.

Vom Autor FEIFFER wurden bereits 1957/58 im Auftrage der DAF, über die Forschungsstelle Kloster Hadmersleben technologische Großversuche mit Getreide begonnen, die 1960 durch die Prüfstelle für Mähdrusch Nordhausen der ZfS weitergeführt wurden. Diese Großversuche waren mit Ausgangspunkt unserer späteren Arbeit an der Entwicklung elektronischer Meß-, Steuer- und Regelvorgänge. Diese Arbeiten fanden auch im pflanzlichen Bereich (Sortenstaffelung, Einstellwert, Zuchtziele, Planungskennziffern) sowie für die Mähdrescherumrüstung ihren Niederschlag. Den größten Einfluß auf diese Arbeiten übte die hohe volkswirtschaftliche Bedeutung des Getreides mit einem Erzeugungswert von jährlich zwischen 2,5 und 3,5 Md. MDN aus.

Zur Frage der Verlustsenkung

Es ist schwierig, die Höhe der Ernteverluste in den vergangenen Jahren exakt zu ermitteln. Aus vielen Testen in der Praxis, aus Untersuchungen der Mähdruschsortenprüfung und aus anderen Forschungsunterlagen, vornehmlich aber aus den Unterlagen des Mähdrescherprüfdienstes mit seinen mehr als 12 000 Messungen an Mähdreschern wissen wir, daß Ernteverluste von über 10 % nicht selten waren.

Die Notwendigkeit einer den Verlustwert durchgreifend senkenden und die Arbeitsproduktivität entsprechend erhöhenden speziellen Entwicklung wird erst richtig klar, wenn wir unseren Überlegungen Anbaufläche und Erzeugungswert des Getreides in allen RGW-Ländern zugrunde legen. Es ist deshalb auch verständlich, daß überall die Möglichkeit einer automatischen Verlustanzeige untersucht wurde, nur sie gewährleistet auch die später unbedingt notwendige 1-Mann-Bedienung.

Man mußte dafür eine Einrichtung entwickeln, die unabhängig von konstruktiven Besonderheiten an allen Mähdreschern

universell einsetzbar ist und dabei von den in den einzelnen Ländern nahezu gleichen pflanzlichen Konsistenzen der verschiedenen Getreidearten ausgehen.

Ergebnisse der Grundlagenforschung

Das erste Problem der Grundlagenforschung bestand darin, die Abhängigkeiten der einzelnen Mähdrescherbaugruppen von den pflanzlichen Konsistenzen zu bestimmen. Dazu war es zunächst erforderlich, die bisher nur insgesamt erfaßten Verlustquellen zu trennen und im Einflußbereich der verschiedenen Feuchten, Reifezustände, allgemeinen Witterungsabhängigkeiten, Böden und Aufwuchsbedingungen zu untersuchen. Diese von 1959 bis 1964 durchgeführten Versuche ergaben, daß für die Steuerung und Regelung des Mähdreschers die absolute Korrelation zwischen den Schüttler- und den Trommelverlusten gegeben ist; selbstverständlich differenziert nach Feuchte, Reife und vor allem Art! Die jüngst erfolgte Auswertung von über 3000 Meßreihen des MD-Prüfdienstes erläuterte das Ergebnis unter Bedingungen der Praxis.

Die Dreschwerksverluste sind die Hauptverlustquellen am Mähdrescher. Sie werden letztlich vom Zusammenspiel zweier Hauptgruppen — Trommel und Korb — verursacht. Der Schüttler kommt als verlustverursachendes Bauelement nicht in Betracht, da er nur einen Teil der vom Korb nicht abgetrennten Körner aussondert und somit dazu beiträgt, den hierbei entstehenden Verlust weitestgehend zu reduzieren.

Wenn keine Korrelation zwischen den Trommel- und Schüttlerverlusten, also zwischen dem Verlust loser, mit dem Stroh abgehender Körner und dem Verlust unausgedroschener Ähren bestünde, hätte nur eine der Hauptverlustquellen automatisch erfaßt werden können; eine weitere hätte der manuellen Prüfung bedurft. Ferner wäre es natürlich nicht möglich, den Mähdrescher nach zwei Richtungen, gezielt auf das Zusammenspiel von zwei Hauptgruppen hin zu steuern. Eine derartige gegenläufige Steuerung wäre nicht nur zu aufwendig und zu kompliziert, denn sie müßte sich ohne vorherige Optimierung auf einen Wert nach zwei Hauptverlustquellen richten. Sie trüge auch dazu bei, die Qualität hinsichtlich Brechen und Quetschen von Körnern zu vernachlässigen. Die vorhandene Korrelation ermöglichte es, den Schüttlerverlustwert — Maß der noch auf die Schüttler mitgeschleuderten Körner — zu messen sowie Korbstellung und Trommeldrehzahl zu regeln. Ferner ist es möglich, in diese beiden Stellgrößen auch die Schüttlerfrequenz einzubeziehen, um den unvermeidlichen Körnerabgang auf die Schüttler durch eine Schüttlerfrequenzregulierung optimal abzuschneiden.

Versuche zur Einsatzform des Gerätes

Das Suchen nach mechanischen, automatischen oder sogar elektronischen Lösungen für die Verlustkontrolle war in Hinsicht auf den entschieden zu hohen Arbeitsaufwand bei der Schnell-Verlustbestimmung dringend erforderlich. Es kam darauf an, die Verluste ohne zusätzliche Arbeitskräfte, mit

* WfZ für Landtechnik, Abt. Mechanisierung, Schlieben (Direktor: Dipl.-Ing. K. ALGENSTAEDT)

** Forschungsinstitut „Manfred v. Ardenne“, Dresden (Direktor: Prof. Dr. hc. M. v. ARDENNE)

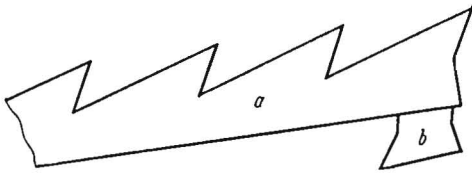


Bild 1. Der Getreidefluß und die dabei auftretenden Fließverhältnisse. a Schüttler, b Auffangbehälter aus leichtem, durchsichtigem Plast o. ä.

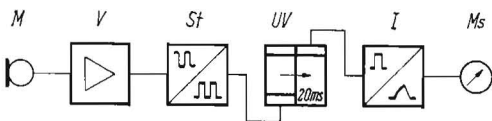


Bild 2. Prinzipschaltung der elektronischen Meßeinrichtung

optimaler Steigerung der Arbeitsproduktivität zu messen, dem Mähdrescherfahrer einen ständigen Überblick über die Verlusthöhe zu geben;

die optimale Sollwertmenge des Durchflusses nach dem Verlustwert zu kontrollieren, unabhängig davon, welcher gegenwärtig in den wissenschaftlichen Institutionen verfolgte Lösungsweg der „Vorschub- oder Kreislaufregelung“ sich durchsetzen wird. Das ist deshalb von besonderer Bedeutung, weil auch heute noch die Verluste bei Mähdreschern internationaler Spitzenklasse teilweise kostspieliger sind als die damit bezahlte Leistungssteigerung der Maschine.

Es ist bekannt, daß einwandfreie Verlustmessungen durch Einzelproben nur auf langen Meßstrecken möglich sind und sich auch über die gesamte Schüttlerbreite erstrecken müssen. Auch bei den Versuchsmustern des ersten elektronischen Verlustmeßgerätes war zum Nachweis der Funktionssicherheit die Probenahme auf der ganzen Schüttlerbreite notwendig. Die Auswertung der Detailverlustmessungen an je 25 Meßstellen der Schüttlerfläche verschaffte uns jedoch Klarheit darüber, daß die Abnahme der Körner nur auf einem sehr kleinen Schüttlerteil notwendig ist, wenn die spezifischen Verhältnisse der Abscheidung berücksichtigt werden.

Erste mechanische Lösungen

Die erste mechanische Lösungsform im Prinzip der einhordigen Schüttlerabnahme ist schon nach 1961/62 erprobt und 1962 zur Anmeldung gebracht worden. Es handelte sich dabei um einen einfachen durchsichtigen Auffangbehälter, der unter der Horde angebracht war und mit dessen Hilfe man nach einer bestimmten Betriebszeit ohne zusätzliche Messungen den Verlustkornanteil einzuschätzen vermochte (Bild 1).

Die Ergebnisse dieser ersten Versuche führten zur Entwicklung der bekannten Mähdresch-Prüfschale und des gesamten Verfahrens der Schnellverlustbestimmung am MD.

Weitere Versuche kontinuierlicher Messungen, abhängig von der Bestandesdichte, vom Qualitätsverlauf im Bunker und von der anteiligen Verlusthöhe, haben erkennen lassen, daß nur eine vollautomatische Verlustkontrolle am MD zu einer durchgreifenden Hilfe für Technologie und Konstruktion werden kann.

Das elektronische Verlustmeßgerät (DWP 53446, 45 c, 41/12)

Auf dieser Grundlage übernahm das Forschungsinstitut „Manfred von Ardenne“ im Jahre 1965 die Aufgabe, ein elektronisches Verlustmeßgerät zu entwickeln, um damit aus der Erfahrung der Elektronik heraus Hilfe bei Automatisierungsvorhaben der Landwirtschaft zu geben. In Anbetracht der Arbeitsüberlastung des Instituts ist diese Unterstützung besonders anerkennenswert.

Inzwischen sind fünf Funktionsmuster des nachstehend beschriebenen Gerätes gefertigt worden. Davon arbeitete ein Gerät, abgesehen von Problemen der Spreuabsiebung zur Vermeidung von Meßungenauigkeiten sowie Schwankungen, im Winterdreschversuch 1965/66 zufriedenstellend. Zwei dieser Geräte erhielt der VEB Kombinat „Fortschritt“ zur Weiterbearbeitung und die beiden 1967 fertiggestellten Geräte sind für technologische Versuche in der diesjährigen Ernte vorgesehen. Die gesamte Aufgabe lösten wir prinzipiell durch Auffangen und Messen des relativ kleinen Anteils der im ausgedroschenen Stroh verbliebenen Körner. Dazu sind an den Enden einer oder mehrerer Schüttlerhorden Öffnungen angeordnet, durch die ein bestimmter Anteil der noch im Stroh verbliebenen Körner hindurchfallen. In Höhe der Rücklaufböden sind auswechselbare Lochsiebe angeordnet, die die Körner von kleinen Strohteilen trennen. Die abgeseihten Körner fallen in eine unter dem Sieb angebrachte Mulde, die schräg zum Schüttlerauffang verläuft und deren Öffnung in einen Trichter mündet. Die Ausschüttöffnung des Trichters ist mit einem Fallrohr verbunden. Es ist möglich, statt des Trichters flexible Schläuche über einen Trichter mit dem Fallrohr zu verbinden. Die Körner prallen unterhalb des Fallrohrs auf die schräg angeordnete Membran eines akustisch-elektrischen Meßfühlers. Jedes auf die Membran fallende Korn verursacht dabei einen elektrischen Impuls, der nach entsprechender Verstärkung einem Impulsdichtenmesser zugeführt wird. Das Meßergebnis wird in Körner/s von einem Meßgerät am Armaturenbrett des Bedienungsstands angezeigt. Um Spreupolster zu vermeiden, empfiehlt es sich, an das Fallrohr ein Zyklon-gebläse anzuschließen, das die vorhandenen Spreureste von der Membran des Meßfühlers fernhält.

Die elektronische Anordnung

Die auf die Membran eines akustisch-elektrischen Wandlers M (Bild 2) fallenden Körner erzeugen einen Spannungsimpuls, der in einem mehrstufigen Verstärker V auf den zum

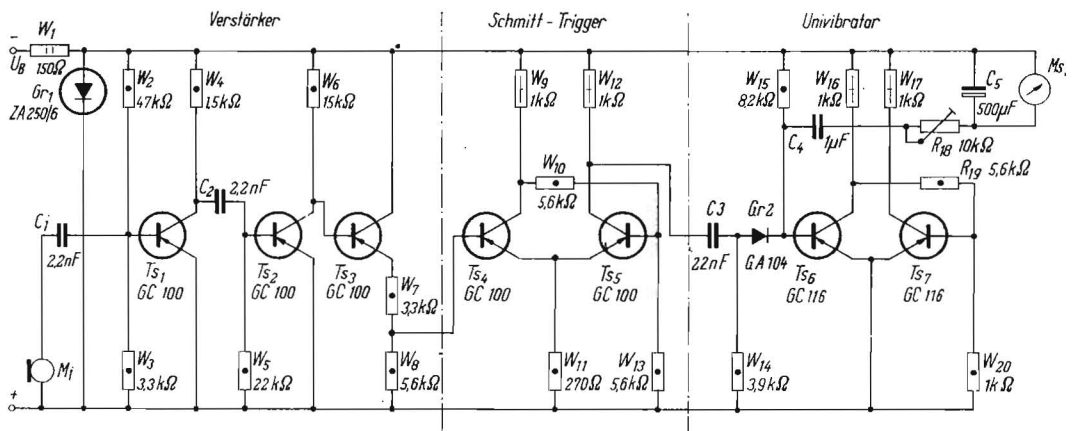


Bild 3. Schaltbild

Weiterverarbeiten erforderlichen Spannungswert verstärkt wird. Der Ausgangsimpuls des Verstärkers wird in einem als Impulsformer arbeitenden Schmitt-Trigger ST in einen steilflankigen Impuls umgeformt. Mit der positiven Anstiegsflanke des Triggerimpulses wird der Univibrator UV angestoßen. Unabhängig von der Dauer des Eingangsimpulses gibt der Univibrator einen Ausgangsimpuls definierter Amplitude und Länge ab. Über ein Integrierglied I wird die zeitliche Dichte der Impulse am Anzeigegerät MS angezeigt.

Beschreibung des Funktionsmusters

Bild 3 zeigt die Gesamtschaltung des elektronischen Teils. Als akustisch-elektrischer Wandler wurde im Funktionsmuster das System eines dynamischen Kopfhörers mit einer Impedanz von $1\text{ k}\Omega$ verwendet. Durch ein Fallrohr von etwa 200 mm Länge fallen die Körner auf die schrägliegende Membran des Wandlers und erzeugen einen elektrischen Impuls, der über den Kondensator C 1 an die Basis des Transistors Ts 1 gelangt. Der Arbeitspunkt dieses Transistors ist durch den Basis-Spannungsteiler W 2, W 3 festgelegt und so gewählt, daß ein genügend großer Aussteuerbereich garantiert ist. Am Arbeitswiderstand W 4 wird der verstärkte Impuls abgenommen und über C 2 der Basis des Transistors Ts 2 zugeführt. C 1 und C 2 sind so dimensioniert, daß der Verstärker nur Frequenzen oberhalb von etwa 5 kHz verstärkt, so daß die tieferliegenden, von den Erschütterungen oder Vibrationen der Maschine herührenden Störfrequenzen nicht verstärkt werden. Durch den am OV-Potential liegenden Basiswiderstand des Transistors Ts 2 ist ein Kollektorstrom im Ruhezustand gleich dem Reststrom des Transistors. Da dieser sehr klein ist, liegt die Kollektorspannung des Transistors Ts 2 im Ruhezustand nahe $-U$. Die negativen Spannungsspitzen des Impulses an der Basis steuern den Transistor Ts 2 bis in das Sättigungsgebiet, so daß am Kollektor von Ts 2 nur positive Impulse von der Größe der Betriebsspannung auftreten. Der Transistor Ts 3 arbeitet als Impedanzwandler. Er trägt nicht zur Spannungsverstärkung bei. Der Spannungsteiler W 7, W 8 bestimmt den Arbeitspunkt des Schmitt-Triggers Ts 4, Ts 5. Im Ruhezustand ist Ts 4 stromführend, während Ts 5 über den gemeinsamen Ermittlerwiderstand W 11 und den Kopplungs-zweig W 10, W 13 gesperrt ist. Beim Eintreffen eines Impulses kippt der Trigger in den anderen Zustand, so daß am Arbeitswiderstand W 12 des Transistors Ts 5 steilflankige positive Impulse auftreten. Diese Impulse werden benutzt, um den Univibrator Ts 6, Ts 7 anzustoßen. Der Univibrator erzeugt bei jedem Eingangsimpuls, der während seiner Ruhelage über das Differenzglied C 3, W 14 eintrifft, am Kollektor des Transistors Ts 7 positive Impulse von etwa 20 ms Dauer. Über das Integrierglied W 18, C 5 erfolgt eine Glättung der Impulse. Das Anzeigegerät Ms 1 zeigt demnach einen dem mittleren Kollektorstrom von Ts 7 proportionalen Wert an, der in Körnerverlust je Zeiteinheit geeicht werden kann. Legt man eine feste Bearbeitungszeit für eine bestimmte Bearbeitungsfläche fest, kann die Anzeige auch z. B. in kg je ha erfolgen. Die Stromversorgung erfolgt aus dem 12-V-Bordnetz der Arbeitsmaschine. Über den Widerstand W 1 gelangt die Spannung an die Zenerdiode G 1, die eine Stabilisierung der Betriebsspannung auf $\approx 6\text{ V}$ garantiert.

Die Gesamtausführung

An Hand eines Ausführungsbeispiels und einer Skizze soll die Erfindung näher erläutert werden (Bild 4).

An den Enden der Schüttlerhorden *a* sind auf der Oberfläche ihrer Endstücke Öffnungen *b* angebracht, die ein Hindurchfallen aller Körner *c* und auch kleiner Strohteile auf ein darunter angeordnetes Sieb *d* gestatten. Die abgesehenen Körner *c* gelangen durch Schüttelbewegung der Schüttlerhorden *a* von einem Trichter *e* in ein Fallrohr *f* und prallen auf die Membran *g* eines akustisch-elektrischen Meßfühlers *h*. Die Membran *g* ist schräg angeordnet. Damit wird das Bilden eines Körner- und Spreupolsters vermieden. Jedes auf die Membran *g* fallende Korn *c* erzeugt einen elektrischen Im-

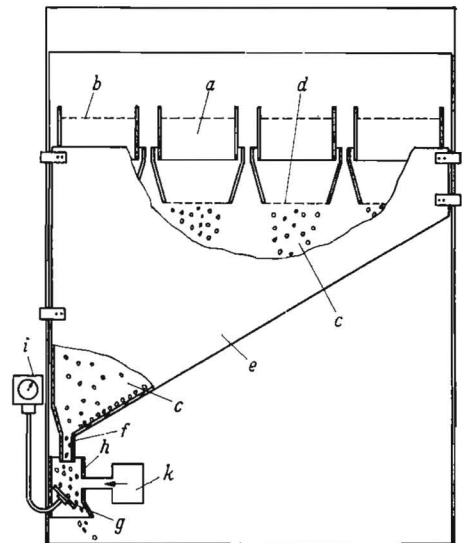


Bild 4. Gesamtausführung der Erfindung

puls, der nach Beschneidung eines Frequenzspektrums über einen Filter zu einem bekannten transistorisierten Begrenzungsverstärker geführt wird. Die Ausgangsimpulse des Begrenzungsverstärkers steuern einen ebenfalls transistorisierten Impulsdichtemesser, dessen Ausgangsgröße von einem in Körner je Zeiteinheit geeichten Meßgerät *i* angezeigt wird. In den ausgesiebten Körnern, die in das Fallrohr *f* gelangen, befinden sich noch Spreureste, die auf der Membran *g* nach einiger Zeit ein Spreupolster bilden. Dieses Spreupolster beeinträchtigt jedoch die Messung. Deshalb ist ein Zyklon-Gebläse *k* vorgesehen, das in das Fallrohr *f* mündet. Mit diesem Zyklon-Gebläse *k* ist es möglich, die in das Fallrohr *f* gelangenden Spreuteilchen zu beseitigen. Die Energieversorgung des elektronischen Teils der erfindungsgemäßen Vorrichtung erfolgt aus einer geeigneten Batterie bzw. aus der Stromversorgungsanlage des Mähdreschers bzw. der Dreschmaschine. Das Gerät *i* ist am Bedienungsstand der Dreschmaschine bzw. des Mähdreschers angeordnet, so daß es ständig von der bedienenden Person überwacht werden kann. Ist der Körnerverlust zu hoch oder beginnt er zu steigen, so können sofort Gegenmaßnahmen entsprechend den spezifischen Druschverhältnissen und den dazu bereits vorliegenden Optimalziffern von Mähdreschereinsatz (Vorschub) sowie Drehzahl- und Frequenzregelung der Maschine vorgenommen werden.

Literatur

- FEIFFER, P.: Die Regelung von Drehzahlen und Frequenzen am Mähdrescher und die Schnellbestimmung der Ernteverluste — eine bedeutende Erhöhung der Getreideproduktion. Intern. Z. Landwirtschaft., Sofia/ Berlin (1965) II. 3, S. 300 bis 307
- FEIFFER, P.: Verlustsenkung in der Getreideernte — Millionennutzen für unsere Volkswirtschaft. Deutsche Agrartechnik, Berlin 14 (1964) II. 10, S. 448
- FEIFFER, R. / W. BERGNER / A. BÜHM: Die Impulssteuerung des Vorschubes — eine Möglichkeit durchgreifender Verlustsenkung an Trommel und Schüttern. Deutsche Agrartechnik, Berlin 14 (1964) II. 6, S. 257 bis 261
- FEIFFER, P.: Näher zur optimalen Leistungsgrenze im Mähdrusch. Deutsche Agrartechnik, Berlin 12 (1962) II. 1, S. 18 bis 25
- FEIFFER, R.: Untersuchungen zur Regelung der Schüttlerfrequenz — eine Möglichkeit durchgreifender Senkung der Ernteverluste. Deutsche Agrartechnik, Berlin 14 (1964) H. 7, S. 293 bis 296
- FEIFFER, R.: Die Regelung der Schwadwalcendrehzahl — eine Möglichkeit durchgreifender Verlustsenkung in der Ernte 1963. Deutsche Agrartechnik, Berlin 13 (1963) II. 4, S. 151 bis 155
- FEIFFER, P. / W. TAUCHERT / E. KLÜFING: Zum Sorteneinfluß auf Berechnung, Entwicklung und Konstruktion von Mähdreschern. Deutsche Agrartechnik, Berlin 12 (1962) H. 7, S. 316, 320 und 324 A 6900

¹ Diese Beiträge wurden von NIAP, Corest Park, Silose, Bedford (England) in englischer Sprache veröffentlicht.