

# Sensoren zur Messung der Körnerverluste von Mähdreschern

Von Dietrich Berner, Werner Hendrik Grobler und Heinz Dieter Kutzbach, Stuttgart-Hohenheim\*)

DK 631.354.2:62-5

Körnerverlustmonitore sind seit einigen Jahren auf dem Markt und werden bei der Getreidernte eingesetzt. Sie haben aber immer noch Mängel, die eine häufige Kalibrierung notwendig machen und eine erhebliche Erfahrung bei der Auswertung des Signals voraussetzen.

Erste Versuche mit piezoelektrischen Folien anstelle der üblichen Prallplattensensoren zeigen, daß mit solchen Sensoren die Grenzfrequenz erhöht und die Differenzierung zwischen den Impulsen von Körnern und Strohpartikeln verbessert werden kann.

## 1. Einleitung

Steigende Flächenerträge, Vergrößerung der Anbauflächen sowie überbetrieblicher Maschineneinsatz haben in den letzten 3 Jahrzehnten zu einer stetigen Erhöhung der Mähdrescher-Leistung geführt. Weitere Leistungssteigerungen durch Vergrößerung einzelner Arbeitsorgane sind nur noch begrenzt möglich; Entwicklungsziele sind deshalb die funktionelle Verbesserung einzelner Arbeitsorgane des Mähdreschers, deren kontinuierliche Anpassung an die Erntebedingungen sowie die Entwicklung neuer Verfahren [1].

Die Leistung von Mähdreschern wird bei durchschnittlichen Erntebedingungen durch die Arbeitsqualität der Trennorgane begrenzt. Beurteilungskriterien für die Leistungsgrenze der jeweiligen Trennorgane sind dabei in erster Linie die auftretenden Körnerverluste. Diese hängen von der konstruktiven Gestaltung der Trennorgane, der jeweiligen Aggregateinstellung, den Guteigenschaften und vor allem aber vom Gutdurchsatz ab.

Üblicherweise werden Körnerverluste in der Größenordnung bis 2 % akzeptiert. In den DLG-Prüfberichten für Mähdrescher werden beispielsweise die Durchsatzwerte angegeben, bei denen Körnerverluste von 1 % bzw. von 2 % auftreten. Die Körnerverluste nehmen bei Mähdreschern mit Schüttlern mit steigenden Durchsätzen progressiv zu. Dies ist auf eine nicht mehr ausreichende Auflockerung der Gutschicht auf Schüttler und Reinigungsanlage zurückzuführen. Bei Arbeiten am Seitenhang wird durch die seitliche Gutverlagerung in der Maschine der Durchsatz (für gleichen Verlustanteil) gegenüber der Arbeit in der Ebene um bis zu 50 % reduziert.

Die Überwachung der Arbeitsqualität von Schüttler und Reinigung wurde in der Vergangenheit vom Fahrer durch eine mehr oder weniger häufige visuelle Kontrolle des Schüttler- und Reinigungsüberganges vorgenommen. Seit einigen Jahren werden von verschiedenen Herstellern Körnerverlustmonitore angeboten, die den Fahrer am Fahrerstand kontinuierlich über die Höhe der Körnerverluste informieren sollen. Die bisher verfügbaren Verlustmonitore vermögen jedoch im Betrieb noch nicht zu befriedigen, so daß eine Untersuchung notwendig scheint, durch welche Eigenschaften die Leistungsfähigkeit der vorhandenen Verlustmonitor-Konzeptionen begrenzt wird und welche Möglichkeiten sich für neue leistungsfähigere Verlustmonitor-Konzeptionen eröffnen.

\*) Dipl.-Ing. D. Berner ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl "Grundlagen der Landtechnik"; Dipl.-Ing. W.H. Grobler war bis August 1984 wissenschaftlicher Mitarbeiter an demselben Lehrstuhl und ist heute Leiter der Abteilung "Mähdruschtechnik" bei der Fa. Deutz-Fahr, Lauingen; Prof. Dr.-Ing. H.D. Kutzbach ist Leiter des Lehrstuhls "Grundlagen der Landtechnik" am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim.

## 2. Aufbau und Arbeitsweise von Körnerverlustmonitoren

Die heutigen Körnerverlustmonitore bestehen aus den Körnerverlustsensoren, mikrofonähnlichen Prallplattenelementen und dem im Fahrerstand untergebrachten Anzeigergerät einschließlich der Signalverarbeitung. Die Sensoren sind am Ende des Schüttlers bzw. der Reinigungsanlage so angeordnet, daß das von den Trenneinrichtungen abgeworfene Gut, der Übergang, auf die Sensoren fällt. Der Aufprall der im Gutstrom verbliebenen Verlustkörner verursacht Impulse, deren Häufigkeit als Maß für die je Zeiteinheit auftretenden Verlustkörner angezeigt wird.

Für die heute auf dem Markt angebotenen Verlustsensoren gibt es je nach Hersteller unterschiedliche Montagemöglichkeiten. Zum Teil werden die Sensoren fest am Mähdrescher-Chassis montiert, zum anderen Teil werden die Sensoren am Siebkasten bzw. an den Schüttlern befestigt und machen im Betrieb die jeweilige Schwingbewegung mit. Der Vorteil dieser mitbewegten Sensoren liegt in der besseren Selbstreinigung, vor allem bei feuchterem Erntegut und beim Mähdrusch von Reis. Zudem ist hiermit eine universellere Anbringungsmöglichkeit an unterschiedlichen Reinigungsanlagen gegeben. Durch die Schwingbewegung der mitbewegten Sensoren erhöht sich allerdings zum Teil die relative Aufprallgeschwindigkeit der Gutpartikel auf die Sensoren. Dies kann unter Umständen zu einer Signalverfälschung führen.

Bild 1 zeigt den Signalfluß innerhalb der Meßkette eines Körnerverlustmonitors. Im Meßwertaufnehmer wird der Impuls der Körner beim Aufprall auf die Membrane in einen definierten Weg umgewandelt. Dieser wird mit Hilfe induktiver, kapazitiver oder piezoelektrischer Elemente in ein elektrisches Signal umgesetzt. Daran schließt sich eine analoge Meßwertverarbeitung an, das Ergebnis wird mit Zeigerinstrumenten bzw. Leuchtdiodenketten angezeigt.

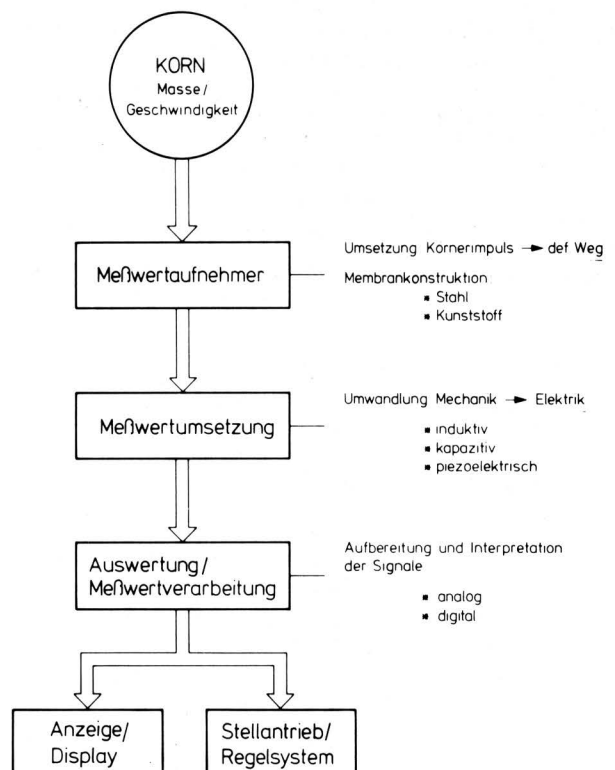
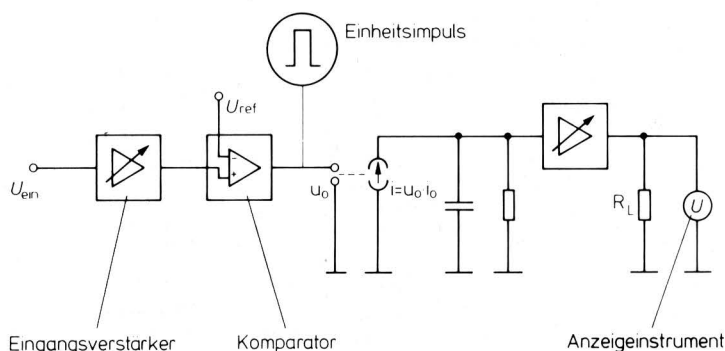


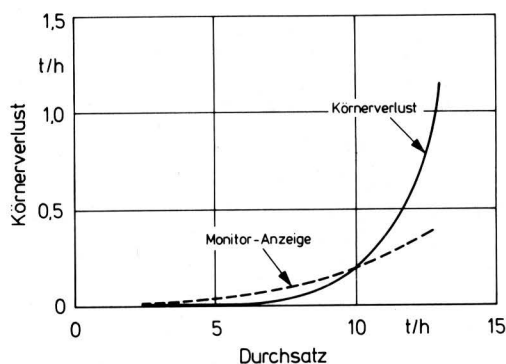
Bild 1. Signalfluß innerhalb der Meßkette eines Körnerverlustmonitors.

Das Prinzip einer analogen Signalverarbeitung ist in **Bild 2** dargestellt. Die Spannungsimpulse der Sensoren werden mit einem Operationsverstärker verstärkt und einem Komparator zugeleitet. Dieser vergleicht sie mit einer Referenzspannung und gibt für Impulse, die die Referenzspannung überschreiten, jeweils einen Einheitsimpuls ab. Die Verstärkung am Operationsverstärker kann vom Fahrer entsprechend den Guteigenschaften über ein Potentiometer eingestellt und damit die Ansprechschwelle für Körnerimpulse vorgegeben werden. Mit dem vom Komparator abgegebenen Einheitsimpuls wird über eine Stromquelle ein Kondensator aufgeladen, der andererseits gleichzeitig über einen einstellbaren Operationsverstärker entladen wird. Durch die Differenz zwischen den zu- und abfließenden Strömen wird der Kondensator in einen bestimmten Ladezustand versetzt, der mit dem Anzeigeelement angezeigt wird. Ein weiteres Kalibrierungs-Potentiometer beeinflusst den Entladestrom des Kondensators und bestimmt dadurch das Verhältnis von Impulszahl zu Anzeigewert.



**Bild 2.** Prinzip einer analogen Signalverarbeitung.

Nach Untersuchungsberichten verschiedener Institute [2, 3, 4] eignen sich die Körnerverlustsensoren bei richtigem Einbau und exakter Kalibrierung als Indikatoren für Änderungen im Körnerverlustanteil. Sie können zur Beibehaltung einer hohen Durchsatzleistung eingesetzt werden. Wichtig ist allerdings die exakte Einstellung auf die Gutbedingungen, d.h. eine häufige Kalibrierung der Meßeinrichtung, mehrmals täglich. Dennoch stimmen, wie beispielsweise in **Bild 3** gezeigt, die Anzeigewerte am Körnerverlustmonitor nur annähernd mit den tatsächlichen Körnerverlusten überein. Da in verschiedenen Beiträgen [5 bis 9] weitere Mängel der Körnerverlustmonitore und Sensoren angeführt werden, soll zunächst über einige Ergebnisse von Untersuchungen auf dem Markt befindlicher Körnerverlustsensoren berichtet werden.



**Bild 3.** Vergleich der Monitoranzeige mit den exakt ermittelten Körnerverlusten in Abhängigkeit vom Durchsatz [2].

An die Sensoren werden hinsichtlich Meßgenauigkeit und Funktionssicherheit folgende Anforderungen gestellt:

- gute Differenzierung zwischen Impulsen von Körnern und Strohpartikeln
- hohe Impulsrate durch kurze Signaldauer und hohe Eigenfrequenz
- mikroelektronik-kompatibel
- robust, verschmutzungsunempfindlich, mechanisch überlastbar
- kostengünstige einfache Herstellung.

### 3. Untersuchungen an Körnerverlustsensoren

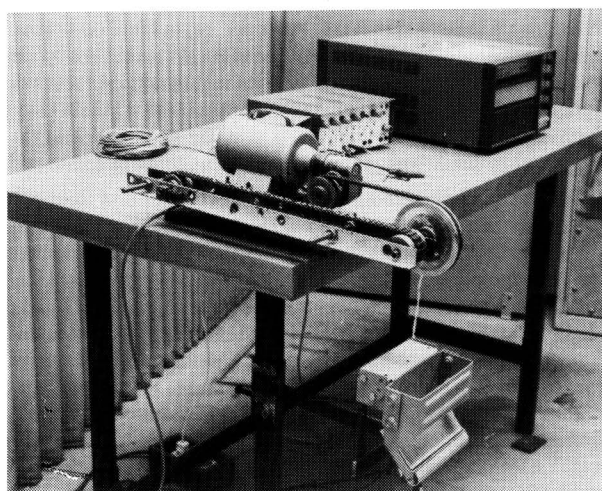
#### 3.1 Versuchsaufbau und -durchführung

Zur Ermittlung der Arbeitsqualität heutiger Körnerverlustsensoren<sup>1)</sup> wurden diese im Labor mit einzelnen Gutpartikeln sowie mit definierten Partikelströmen beaufschlagt. Die Zuführung der Körner erfolgte über ein Zahnriemenband, **Bild 4**, über dessen Fördergeschwindigkeit die Aufprallfrequenz der Körner eingestellt werden konnte. Durch unterschiedliche Fallhöhe ließen sich unterschiedlich starke Kornimpulse erzeugen. Höhere Frequenzen von Kornimpulsen (über 10 Hz) wurden durch Aufschläge eines Polyäthylen-Kornes simuliert, das mit Hilfe eines Fadens an der rotierenden Welle eines stufenlos regelbaren Elektromotors angebracht war.

Darüber hinaus wurden die Sensoren entsprechend den Herstellerangaben an einer im Labor aufgebauten Mährescherreinigungsanlage installiert und Reinigungsversuche durchgeführt.

Die über den Sensor erfaßten Körnerverluste konnten dadurch mit den tatsächlichen, durch Wägung ermittelten Verlusten verglichen werden. Der auf den Sensor auftreffende Teilstrom des Übergangs wurde außerdem in gesonderten Behältern aufgefangen, um einerseits die Aufteilung in Korn- und Nichtkornbestandteile vornehmen zu können und andererseits den Anteil der Körner im Übergang, der den Sensor beaufschlagt, am gesamten Körnerverlust der Reinigungsanlage zu erfassen [10, 11].

Die Ausgangssignale der Sensoren wurden mit einem Transientenrekorder aufgezeichnet und anschließend auf einem Oszilloskop oder x,y-Schreiber dargestellt, **Bild 5**. Zur Kalibrierung für die Zeit- und Spannungspegel der Signale wurde ein Frequenzgenerator wechselweise an den Eingang des Transientenrekorders angeschlossen.



**Bild 4.** Versuchsaufbau zur Untersuchung von Körnerverlustsensoren.

<sup>1)</sup> Die Verfasser danken der DFG für die finanzielle Unterstützung und den Herstellern für die kostenlose Überlassung der Körnerverlustmonitore.

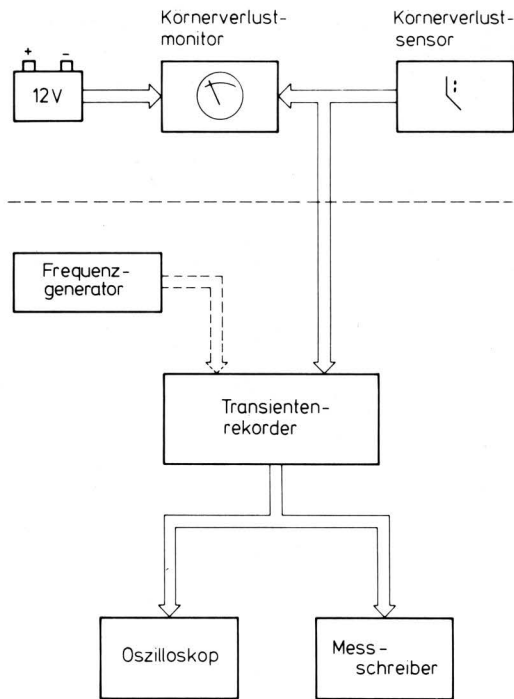


Bild 5. Erfassung der Signale der Körnerverlustsensoren.

### 3.2 Versuchsergebnisse

Als Beispiel für die Ergebnisse der Sensoruntersuchungen auf dem Prüfstand sind in Bild 6 die Sensorsignale eines unbewegten Sensors mit Mikrofonaufnehmer sowie eines mitbewegten Sensors mit einem Piezokristallaufnehmer dargestellt. Die Untersuchungen zum Schwingungsverhalten der Sensoren zeigten beim Aufprall einzelner Gutpartikel als Ausgangssignale meist hochfrequente, gedämpfte Schwingungen von im Mittel 2 bis 10 ms Dauer. Dadurch lassen sich Einzelsignale maximal mit einer Impulsrate von 100 bis 500 Impulsen/Sekunde auflösen. Einzelne Sensoren zeigen ein ausgeprägtes Nachschwingverhalten, wodurch die erkennbare Impulsrate erheblich verringert wird.

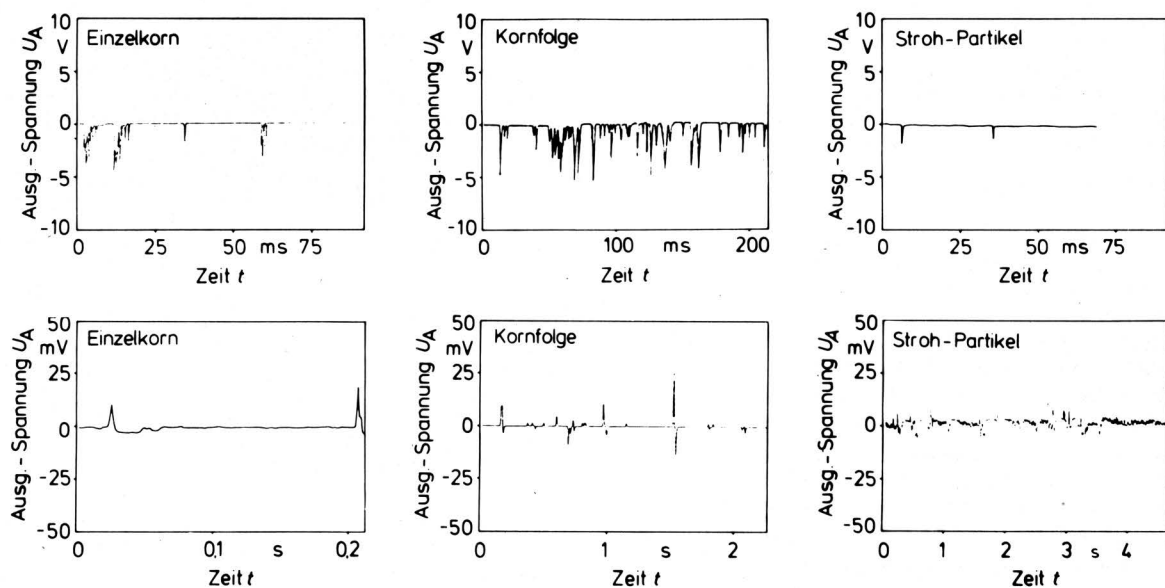


Bild 6. Sensorsignale beim Aufprall von Einzelkörnern, Kornfolgen bzw. Strohpartikeln für einen unbewegten Sensor mit Mikrofon-aufnehmer (oben) und einen mit dem Siebkasten mitbewegten Sensor mit Piezokristallaufnehmer (unten).

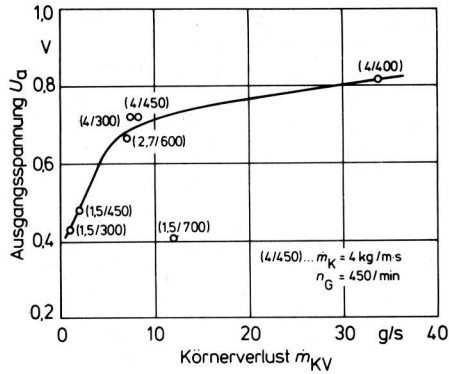
Bei einigen der untersuchten Sensoren überschneiden sich die Bereiche der Amplitudenhöhen der Impulse von Körnern und Strohpartikeln, wobei allerdings die Impulse leichter Spreupartikel von nahezu allen untersuchten Sensoren bereits mechanisch durch die Membrankonstruktion und die Art der Koppelung zwischen Membrane und Aufnehmer gefiltert werden.

Bei den Untersuchungen der an der Mährescherreinigungsanlage montierten Körnerverlustsensoren wurden neben den Sensorsignalen die Ausgangssignale für die Körnerverlustanzeige nach der Meßwertverarbeitung aufgezeichnet und mit dem tatsächlichen Körnerverlust verglichen.

Der Anteil der Verlustkörner im Übergang, der den Sensor beaufschlagt, bezogen auf den gesamten Übergang, hängt sehr von Konstruktion, Baugröße und Montageort des Sensors an der Reinigungsanlage ab. Selbst für einen über die gesamte Siebbreite reichenden Körnerverlustsensor ergeben sich dabei Schwankungen des Anteils der Verlustkörner im Sensorübergang für unterschiedliche Belastungsbedingungen durch Variation von Durchsatz und Gebläsedrehzahl von 5–35 %. Auch der Anteil der Kornmasse an der Gesamtmasse des Sensorübergangs weist mit 0,1–26 % sehr große Schwankungen auf.

Bild 7 zeigt für unterschiedliche Beladungszustände und Gebläsedrehzahlen der Mährescherreinigungsanlage den Verlauf der Ausgangsspannung  $U_a$  für die Monitoranzeige über den durch Wägung ermittelten Körnerverlusten. Ursache für die nichtlineare Zunahme der Ausgangsspannung  $U_a$  über dem Körnerverlust  $\dot{m}_{KV}$  ist zum einen das begrenzte Auflösungsvermögen der Sensoren, zum anderen die Charakteristik der analogen Signalverarbeitung.

In Hinsicht auf die zwei wesentlichen Anforderungen, gute Trennung zwischen Körnern und Strohpartikeln und hohe trennbare Impulsrate, sind die heute auf dem Markt erhältlichen Sensoren keine befriedigenden Verlustindikatoren. Für die spätere Verwendung in einem Regelsystem ist daher eine Verbesserung der Sensorqualität notwendig.



**Bild 7.** Ausgangsspannung  $U_a$  der Monitoranzeige in Abhängigkeit von den Körnerverlusten bei unterschiedlichen Betriebszuständen der Reinigungsanlage;  $m_K$  breitenbezogener Körnerdurchsatz,  $n_G$  Gebläsedrehzahl.

#### 4. Untersuchungen zur Entwicklung leistungsfähiger Körnerverlustsensoren

Für die Verbesserung der Differenzierung zwischen Impulsen von Körnern und Strohpartikeln bieten sich zwei methodische Vorgehensweisen an, die auch miteinander verknüpft werden können:

- mechanisch: Abstimmung des Schwingungsverhaltens von Membrane und Aufnehmer aufeinander, so daß ein bevorzugtes Ansprechen auf Anregungen durch Körner erfolgt
- elektrisch: analoge oder digitale Auswertung von Impulshöhe, -dauer, -form bereits im Sensor oder bei der Signalweiterverarbeitung.

Voruntersuchungen zeigten, daß Sensoren auf Basis des piezoelektrischen Effektes ein gutes Potential für die Entwicklung leistungsstarker, kostengünstiger Sensoren für Landmaschinen bieten, auch unter den dort üblichen ungünstigen Einsatzbedingungen, wie großen Temperatur- und Feuchteschwankungen, stoßartigen Belastungen und hohem Staubanfall. Eine Verbesserung der bisher üblichen Koppelung von Membrane und Aufnehmer erwies sich als nur begrenzt wirksam, so daß eine Integration dieser zwei Elemente angestrebt wurde.

Die seit einiger Zeit auf dem Markt verfügbaren Polyvinylidenfluorid (PVDF)-Folien mit piezoelektrischem Effekt scheinen besonders geeignet, da sie als Sensoren für mechanische Impulse geeignet und daneben auch kostengünstig und mechanisch hoch belastbar sind.

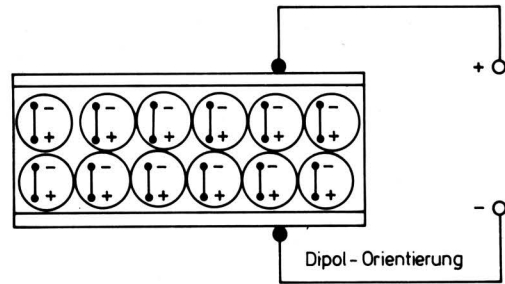
##### 4.1 Der piezoelektrische Effekt

Durch elastische Verformung von Einkristallen, beispielsweise durch Druck, Zug, Verdrehung oder Scherung, treten an den Flächen der Kristalle elektrische Ladungen auf. Diese Eigenschaften besitzen Materialien mit Dipolstruktur, wenn diese Dipole in regelmäßiger Form angeordnet sind. Das ist vor allem bei Quarzen und polykristallinen Keramiken der Fall. Umgekehrt ergibt sich beim Anlegen einer elektrischen Spannung an den Kristall eine mechanische Spannung, die den Kristall verformt.

Neuere Entwicklungen sind piezoelektrische Folien auf der Basis polarer Polymere [12, 13]. Die PVDF-Folien werden bei erhöhter Temperatur einem starken elektrischen Feld ausgesetzt und die molekularen Dipole gleichgerichtet, **Bild 8**. Danach wird die Folie bei konstanter angelegter Spannung abgekühlt.

Polyvinylidenfluorid ist wegen seiner Reinheit und seiner Fähigkeit, in kristalliner polarisierfähiger Form zu erstarren, für die Herstellung derartiger polarisierter Folien besonders geeignet. Um die Ladungen abzuleiten, wird auf Ober- und Unterseite eine Metall-

schicht aufgedampft. Die Folie kann im Gegensatz zu Quarzen und keramischen Stoffen in nahezu jeder beliebigen Größe hergestellt werden. Da sie sehr dünn und flexibel ist, kann sie auch auf nicht ebenen Oberflächen aufgebracht werden.

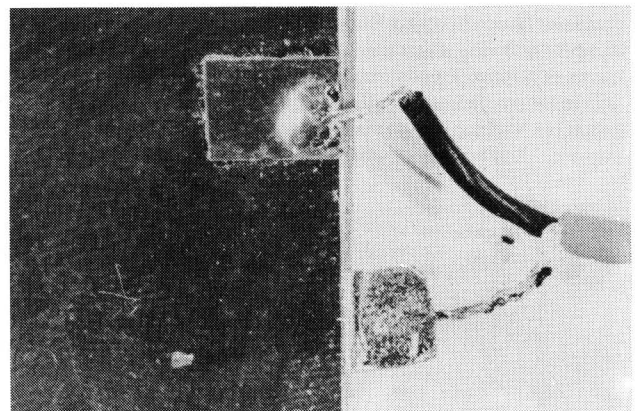


**Bild 8.** Orientierung der Dipole bei angelegter Spannung in einer PVDF-Folie [12].

##### 4.2 Aufbau der Körnerverlustsensoren

Für die Untersuchungen der Eignung piezoelektrischer Folien zur Erfassung von Verlustkörnern wurden mehrere Folien zweier Hersteller auf Metallplatten aufgeklebt. Der Anschluß der Meßleitungen erfolgte mittels selbstklebender Kupferfolie, auf die zuvor die Anschlußkabel aufgelötet wurden, **Bild 9**.

Deutliche Überlagerungen des Sensorsignals durch die Netzspannung konnten durch abgeschirmte Leitungen sowie Erdung des Sensorträgers und einer Seite der Sensorfolie wirksam abgeschirmt werden. Das anfänglich auftretende Nachschwingen (bis zu 100  $\mu$ s nach einem Impuls) ließ sich durch Verwendung einer sehr steifen Grundplatte nahezu gänzlich vermeiden.



**Bild 9.** Körnerverlustsensor auf Basis einer piezoelektrischen PVDF-Folie.

##### 4.3 Versuchsergebnisse

Die Sensoren mit piezoelektrischer Folie wurden im Labor entsprechend der Untersuchung der Prallplattensensoren mit definierten Kornfolgen beaufschlagt und die vom Sensor abgegebenen Spannungsimpulse registriert. Als charakteristisches Signal erhält man beim Aufprall einzelner Körner Spannungsimpulse von 30 bis 60  $\mu$ s Dauer und einer Amplitude von durchschnittlich 10–40 mV, **Bild 10**. Durch den Aufprall von Stroh-Partikeln erzeugte Spannungssignale unterscheiden sich vom Kornsignal durch eine signifikant geringere Amplitude ( $\Delta U_A < 10$  mV) bei deutlich längerer Signaldauer von etwa 70–90  $\mu$ s. Die in beiden Fällen kurze Signaldauer stellt erhöhte Anforderungen an die nachfolgende Signalver-



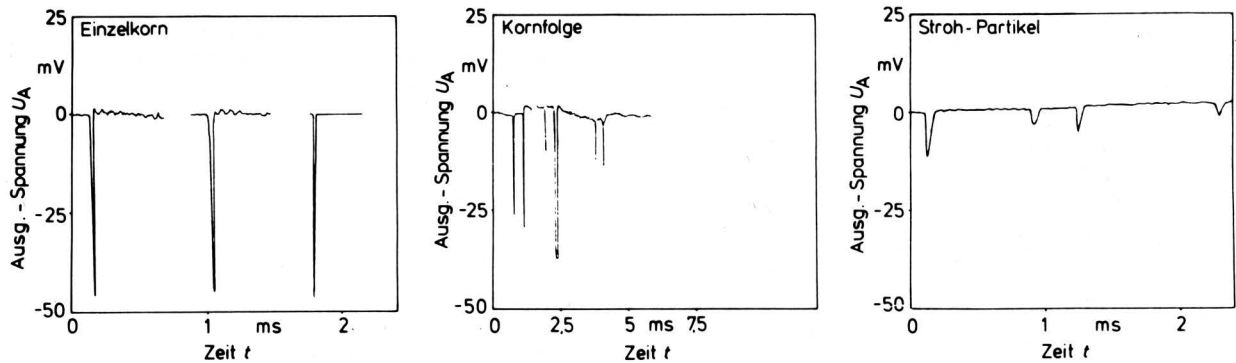


Bild 10. Sensorsignale beim Aufprall von Einzelkörnern, Kornfolgen bzw. Strohpertikeln für den unbewegten Piezofolien-Sensor.

arbeitung; bei digitaler Verarbeitung werden schnelle A/D-Wandler benötigt. Durch die kurze Signaldauer können jedoch bedeutend mehr Körner pro Zeiteinheit erfaßt werden.

Nach den bisherigen Untersuchungen lassen sich Korn- und Strohsignale nahezu eindeutig nach der Amplitudenhöhe unterscheiden.

Als weiteres Unterscheidungskriterium kann der Gradient des Spannungsimpulses herangezogen werden. Bei einer maximalen Signaldauer von weniger als 100  $\mu$ s läßt sich mit diesen Sensoren ein erreichbares Auflösungsvermögen von mehr als 10 000 Impulsen/Sekunde erwarten. Dies entspricht bei einer Tausendkornmasse von 40 g einem Körnerstrom von 400 g/s.

Diese bisher sehr positiven Ergebnisse müssen durch weitere Untersuchungen unter praxisnahen Bedingungen bestätigt werden. Vor allem muß die Lebensdauer der Sensoren genauer überprüft werden, da bei den bisherigen Untersuchungen jeweils nach einiger Zeit eine Signalschwächung auftrat. Die Ursachen für diese Schwächung könnten im Verschleiß der auf die Folien aufgedampften Metallschicht sowie in der Ermüdung der Befestigungen der Anschlußkabel liegen.

#### 4.4 Ausblick

Wegen des hohen Auflösungsvermögens der Sensoren mit piezoelektrischer Folie ließen sich diese auch für eine andere Art der Erfassung der Betriebszustände der Trennorgane einsetzen. Dabei wird nicht mehr wie bisher der Körnerverlust hinter dem Sieb, sondern die Körnerabscheidung über die Sieblänge erfaßt, und der Körnerverlust aus der Abscheidefunktion berechnet [14, 15]. Dazu werden beispielsweise 3 Sensoren unter dem Obersieb angebracht und die Abscheidefunktion ermittelt. Aus dem Verlauf der Abscheidefunktion kann auf den Auslastungsgrad der Trenneinrichtung und damit auch auf die Verluste geschlossen werden.

Bild 11 zeigt qualitativ zwei Beispiele.

Für die Auswertung und Umsetzung der Signale bietet sich eine Lösung auf Basis bekannter Microcontroller an. Damit kann das bei der bisherigen Körnerverlustmessung bestehende Problem der schlechten Repräsentanz der vom Sensor erfaßten Körnerverluste für die Gesamtverluste, das sich aus der ungleichmäßigen Verteilung der Körnerverluste im Bereich hinter dem Sieb ergibt, gelöst werden.

Durch den Einsatz einer digitalen Meßwertverarbeitung, deren Signale darüber hinaus für Regelsysteme eingesetzt werden können, sind weitere Verbesserungen von Körnerverlustmonitoren möglich. Grundsätzlich ist eine digitale Signalverarbeitung auch bei herkömmlichen Körnerverlustmonitoren entsprechend der in Abschn. 2 beschriebenen analogen Signalverarbeitung (Bild 2) mit Hilfe einer Zählschaltung nach der Komparatorstufe denkbar.

Besser aber wäre der Einsatz eines modernen Signalprozessors, mit dem auch die Signalform ausgewertet werden kann [16]. Neben der verbesserten Signalinterpretation steht damit ein zuverlässiges digitales Signal zur Verfügung, das leicht mit anderen Informationen (Fahrgeschwindigkeit, Schneidwerksbreite, weitere Durchsatzsensoren, Beladungssensoren) verknüpft werden kann [17, 18].

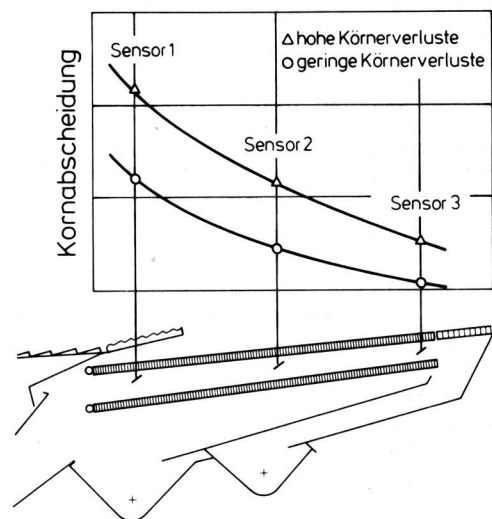


Bild 11. Durch Verwendung mehrerer Sensoren unterhalb des Siebes ermittelte Kornabscheidungsfunktion als Maß für die Körnerverluste.

#### 5. Zusammenfassung

Untersuchungen an den heute üblichen Verlustmonitoren zeigen, daß diese nur verhältnismäßig kleine Impulsraten zu erfassen vermögen und die Differenzierung zwischen Impulsen von Körnern und Strohpertikeln ungenügend ist.

Erste Untersuchungen von piezoelektrischen Folien für den Aufbau von Körnerverlustsensoren zeigen demgegenüber eine hohe Signalauflösung bei sehr guter Signaltrennung zwischen Körnern und Strohpertikeln.

Es wird daher erwartet, daß durch die Anwendung piezoelektrischer Folien sich die Körnerverlustsensoren erheblich verbessern lassen. Weitere Fortschritte können sich durch eine digitale Signalverarbeitung, Berücksichtigung des Körnerdurchsatzes und Modifikation des Anbringensortes des Körnersensors ergeben.

## Schrifttum

Bücher sind durch • gekennzeichnet

- [ 1 ] *Kutzbach, H.D. u. W.H. Grobler:* Einrichtungen zur Kornabscheidung im Mähdrescher. Grundl. Landtechnik Bd. 31 (1981) Nr. 6, S. 223/29.
- [ 2 ] PAMI-Reports on Grain Loss Monitors. Evaluation Reports Nr. EO 676A, Nr. EO 676, Nr. EO 676G, Nr. EO 777c, Prairie Agricultural Machinery Institute, Humboldt, Saskatchewan, 1978.
- [ 3 ] *Traulsen, H.:* Combine Monitor. RKL-Schrift Nr. 4.1.4.1.4; Kiel, 1971, S. 13/31.
- [ 4 ] DLG-Prüfbericht Nr. 2745. Frankfurt/Main 1978.
- [ 5 ] *Feiffer, R.:* Elektronische Verlustkontrolle am Mähdrescher. Deutsche Agrartechnik Bd. 17 (1967) H. 7, S. 296/98.
- [ 6 ] *Reed, W.B., M.A. Grovum u. A.E. Krause:* Combine-harvester grain loss monitor. ASAE Paper-No. 68-607.
- [ 7 ] *Maler, J.:* Automatische Kontrolle der Körnerverluste in Mähdreschern. Internat. Z. Landwirtschaft., Moskau/Berlin (1976) Nr. 3, S. 331/34.
- [ 8 ] *Graeber, E.:* Wirtschaftliche und technische Aspekte der Kornverlustfassung am Mähdrescher. Grundl. Landtechnik Bd. 25 (1975) Nr. 1, S. 15/17.
- [ 9 ] *Segler, G. u. Th. Freye:* Entwicklung einer Meß- und Kontrolleinrichtung für den Gutdurchsatz der Reinigungsanlage im Mähdrescher. Grundl. Landtechnik Bd. 28 (1978) Nr. 4, S. 148/51.
- [ 10 ] *Herderich, H.:* Untersuchung und Entwicklung von Körnerverlustsensoren. Unveröffentl. Diplomarbeit TH Stuttgart 1984.
- [ 11 ] *Berner, D.:* Sensoruntersuchung und Konzeptentwicklung für die verlustabhängige Regelung der Mähdrescherreinigungsanlage. Unveröffentl. Studienarbeit, TH Stuttgart 1983.
- [ 12 ] SOLVAY GmbH: Piezoelektrische Folien aus PVDF. Solingen: Deutsche Solvay-Werke 1984.
- [ 13 ] Pennwald Corporation: Kynar Piezo Film, Technical Manual 1983.
- [ 14 ] *Kirste, A. u. G. Kühn:* Berechnung des momentanen Körnerverlustes bei Mähdreschern aus gemessenen Parametern der Abscheidung. Deutsche Agrartechnik Bd. 33 (1983) H. 10, S. 442/45.
- [ 15 ] *Zwiebel, S.:* Theoretische Untersuchung zur Ermittlung der Schüttlerverluste am Hordenschüttler. Deutsche Agrartechnik Bd. 34 (1984) H. 1, S. 26/28.
- [ 16 ] Microcontroller User's Manual, Order Number 210359-001, Intel Corporation 1982.
- [ 17 ] • *Sickert, K.:* Automatische Spracheingabe und Ausgabe. Haar bei München: Verlag Markt und Technik, 1983.
- [ 18 ] *Maichle, J.:* Entwicklung einer mikroprozessorgesteuerten adaptiven Regelung für die Mähdrescherreinigungsanlage. Unveröffentl. Studienarbeit, TH Stuttgart 1984.

---

## Notizen aus Forschung, Lehre, Industrie und Wirtschaft

---

### Obering. Friedrich Kliefoth 80 Jahre alt

In Friedrichsberg in Pommern am 4.6.1905 geboren, trat er als junger Ingenieur in das 1928 unter Leitung des damaligen Dipl.-Ing. *Helmuth Meyer* in Bornim bei Potsdam entstehende Schlepperversuchsfeld ein.

Diese Außenstelle des Instituts für Landmaschinenkunde an der Landwirtschaftlichen Hochschule Berlin wurde von dem gerade gegründeten "Reichskuratorium für Technik in der Landwirtschaft" (RKTL) finanziert und 1932 als eigenes Schlepperprüffeld übernommen.

Es war Aufgabe *Kliefoth's*, Meß- und Prüfeinrichtungen sowie einen Brems-Meßwagen für die Zugleistungsmessungen zu konstruieren, für die nach dem Vorbild der Nebraska-Test-Prüfeinrichtungen Prüfbahnen angelegt wurden, die Ackerböden entsprachen. Er hatte Messungen auf Ackerböden und auf diesen Prüfbahnen durchzuführen und auszuwerten.

Neben einer Anzahl von technischen Prüfungen, bei denen sich noch erhebliche Mängel an manchen Schleppern zeigten, neben der technischen Betreuung von Gebrauchswert-Prüfungen von Schleppern, die von der DLG auf landwirtschaftlichen Betrieben durchgeführt wurden, war *Kliefoth* auch an grundlegenden Vergleichsmessungen an Ackerwagen mit herkömmlichen eisenbereiften Holzspeichenrädern und mit Kfz-Luftreifen sowie an einem PÖHL-Schlepper mit eisernen Greiferrädern und ersten Ackerluftreifen auf den Triebrädern der Hinterachse beteiligt. Die Ergebnisse waren aufregend. Der spätere Prof. Dr.-Ing. E.h. *Meyer* bezeichnete diese Zeit als "Wendepunkt der Landtechnik".

Neben den Schlepperprüfungen wurde also auch wissenschaftliche Grundlagenforschung betrieben, z.B. Zugkraft-Schlupf-Kurven von Schleppern mit unterschiedlichen Luftreifen, mit Greiferrädern und mit Gleisketten aufgestellt und Wirkungsgrade der Kraftübertragung im Getriebe und von den Triebrädern auf verschiedenen Ackerböden aufgrund exakter Messungen ermittelt.

Erwähnenswert ist noch eine Kleinschlepper-Vergleichsprüfung 1937/38, an der 16 Schlepper teilnahmen, die der üblichen technischen Prüfung unterzogen wurden und anschließend auf landwirtschaftlichen Betrieben mit entsprechenden Arbeitsgeräten und Maschinen eingesetzt wurden. Hinterher erfolgten Verschleißmessungen aufgrund zweimaliger Zerlegung der Schlepper. Wertvolle Erkenntnisse über die Lebensdauer einzelner Bauteile waren ebenso das Ergebnis wie betriebswirtschaftliche Folgerungen für die Motorisierung der bäuerlichen Betriebe.

Nach 1945 war *Kliefoth* als Lehrer an einer DEULA-Schule, ab 1947 jedoch wieder als technischer Beobachter von Versuchsschleppern im landwirtschaftlichen Einsatz im Stuttgarter Raum tätig, als herausragendes Beispiel sei der UNIMOG genannt.

1949 war er der zweite Mitarbeiter in dem vom KTL unter Leitung von Dr.-Ing. *R. Franke* provisorisch wieder begründeten Schlepperprüffeld in Rauschholzhausen bei Marburg. Damit war die Kontinuität zum alten Schlepperprüffeld gewahrt. Er hatte zum zweiten Mal die Meßeinrichtungen, den Meßwagen und die Prüfstände zu planen, und es war seine Aufgabe, die Messungen zu überwachen, die Ergebnisse auszuwerten und in die Prüfberichte umzusetzen, die veröffentlicht wurden. Daneben liefen DLG-Gebrauchswert-Prüfungen mit Einsatz auf landwirtschaftlichen Betrieben, die zu beobachten waren, hier seien der UNIMOG und der erste Allrad-schlepper nach dem Kriege, der MAN-Ackerdiesel als Beispiel erwähnt.

Wie vorauszusehen war, hatte sich das Schlepperprüffeld in Rauschholzhausen bald als zu klein erwiesen, zumal eine eigene Betonbahn fehlte, auf der die Zugleistungsmessungen weniger von der Witterung abhängig durchgeführt werden konnten.

Bereits 1953 begannen die Planungen für das Schlepperprüffeld in Darmstadt-Kranichstein, das dem Bedarf entsprechend wesentlich größer auszulegen war. Zum dritten Mal war *Kliefoth* an der Pla-