

Schlegelernter kaum der Fall. Ein Hindernis an den Werkzeugen der Schlegeltrommel würde im Antrieb mit und ohne Freilauf die gleiche Wirkung ausüben.

Ohne auf eine genauere Untersuchung einzugehen, erscheinen die obigen Bremswege in bezug auf Betriebssicherheit und Arbeitsschutz ausreichend.

### 3. Funktionssicherheit der Arbeitsorgane

Die Frage nach der Notwendigkeit eines Freilaufes ist ebenfalls durch eine Untersuchung am speziellen Beispiel zu entscheiden. Ein Freilauf im Antrieb des Schlegelernters E 068 hat für die Funktionssicherheit der Maschine folgende Bedeutung:

Wird das Aggregat während des Einsatzes aus irgendeinem Grunde abgebremst (ohne daß die Werkzeuge auf ein Hindernis treffen), so könnten das Aggregat mit Freilauf im Antrieb auf einer Strecke von 2 bis 4 m zum Stehen gebracht und das in dieser Zeit noch anfallende Erntegut infolge der großen Schwungenergie der frei auslaufenden Trommel noch aus der Maschine gefördert werden.

Ohne Freilauf läßt sich das Aggregat auf einer Strecke von 4 bis 6 m abbremsen. Dieser maximale Bremsweg ergibt sich ohne Berücksichtigung eines Arbeitswiderstandes an den Werkzeugen. Der Arbeitswiderstand wirkt sich als geringe Verkürzung des Bremsweges aus. Während des Bremsvorganges sinkt die Trommeldrehzahl auf 0 ab. Je nach Beschaffenheit des Erntegutes wird dieses unter einer bestimmten Drehzahl nicht mehr aus der Maschine gefördert, sondern setzt sich auf der hinteren Wand des Förderkanals ab, rutscht durch das Trommelgehäuse zurück auf das Feld und geht somit verloren. Für Erntegut mit schlechten Gleiteigenschaften (feucht, blattrreich) könnte dies eine Ursache für Verstopfungen des Förderkanals sein. Die im Institut für Landtechnik Potsdam-Bornim durchgeführte Prüfung zeigte, daß die unter ungünstigen Bedingungen auftretenden Verstopfungen auf andere Ursachen zurückzuführen sind.

Für eine maximale Durchsatzleistung von 20 t/h und einen Ertrag von 250 dt/ha ist die Flächenleistung 0,8 ha/h. Mit der Arbeitsbreite 1,5 m ist die dazugehörige Fahrgeschwindigkeit 5,3 km/h ( $\cong$  2. Gang). Dafür ergibt sich nach Bild 6 b ein Bremsweg von 3,7 bis 4 m.

Hierbei fallen  $\approx$  15 kg Masse an, von der etwa  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3}$  nicht mehr aus der Maschine gefördert wird. (Während der Reaktions- bzw. Ansprechzeit erfolgt nur ein geringer Drehzahlabfall, während der letzten Umdrehungen der Trommel wird das Erntegut nicht mehr in den Förderschacht geworfen, bzw. überhaupt nicht abgeschlagen).

Eine zwingende Notwendigkeit für einen Freilauf im Antrieb des Schlegelernters liegt auch nach diesen Gesichtspunkten nicht vor.

### 4. Übertragung der Ergebnisse auf andere Maschinen

Die unter Punkt 1 und 2 abgeleiteten theoretischen Beziehungen lassen sich unter Berücksichtigung spezieller Werte auf beliebige andere Maschinen übertragen. Soll der Nachweis über die Notwendigkeit eines Freilaufes erbracht werden, so wird der Konstrukteur natürlich nicht den gesamten möglichen Bereich untersuchen, sondern solche extremen Fälle herausgreifen, wie sie beispielsweise im Punkt P, Bild 5, auftreten.

Auf diese Weise ist es ohne großen Aufwand möglich, die Verhältnisse theoretisch zu klären. So konnte z. B. im Rahmen einer studentischen Belegarbeit nachgewiesen werden, daß die ursprünglich im Antrieb der Häckseltrommel und des Wurfrades im Feldhäcksler E 065 eingebauten Freiläufe nicht erforderlich sind. Auf Grund der geringeren Schwungenergie dieser beiden Arbeitsorgane verlängert sich der Bremsweg nur um etwa 20% und während des Bremsvorganges kommen die Freiläufe infolge der Arbeitswiderstände und der Ventilationsmomente nicht zur Wirkung.

### 5. Zusammenfassung

Freiläufe werden in Landmaschinen eingebaut, um

erzwungene unterschiedliche Drehzahlen zu ermöglichen, die Antriebsselemente vor Überlastung zu schützen, die Bremszeiten und -wege des Traktors infolge des Energierückflusses über die Zapfwelle aus Gründen der Betriebssicherheit nicht zu verlängern und eine einwandfreie Funktion der Arbeitsorgane zu gewährleisten.

Für die Berechnung der Belastung der Arbeitsorgane und die Verlängerung des Bremsweges infolge des Antriebes über Getriebezapfwelle werden Gleichungen angegeben. Am Beispiel der Kombination „Zetor-Super-Schlegelernter E 068“ wird gezeigt, daß für den Einbau eines Freilaufes in den Antrieb des Schlegelernters keine zwingenden Gründe vorliegen.

### Literatur

- [1] Heyde, H.: „Mechanik des Schleppers“ Deutsche Agrartechnik 7 (1957), H. 1 bis 4
- [2] Prüfbericht Nr. 3 (Traktor „Zetor-Super“) des Instituts für Landtechnik Potsdam-Bornim
- [3] Niemann, G.: „Maschinenelemente“ Bd. II, Springer-Verlag, Berlin, 1960 A 5386

## Die Anwendung der Meßtechnik für Untersuchungen an Landmaschinen

*Grundlage für die Arbeit des Konstrukteurs ist die möglichst genaue Kenntnis der Beanspruchungen, denen die zu entwickelnde Maschine oder Baugruppe bzw. das zu konstruierende Maschinenteil unterworfen ist. Die rechnerische Ermittlung der Beanspruchungen ist sehr oft aus Unkenntnis der im Betriebszustand auftretenden Kräfte bzw. infolge der Kompliziertheit der Bauteile nicht möglich. Aus diesem Grunde muß zur experimentellen Ermittlung dieser Werte auf Betriebsmessungen an Versuchsmaschinen zurückgegriffen werden.*

*Durch sinnvoll angesetzte Messungen lassen sich nicht nur die Einflüsse von äußeren Kräften zur Berechnung der Maschinenteile ermitteln, sondern beispielsweise auch die Verteilung der Spannungen in einem kompliziert gestalteten und daher rechnerisch kaum beherrschbaren Teil, das Schwingungsverhalten der gesamten Maschine unter dem Einfluß äußerer und innerer Kräfte, der Abbau von Beanspruchungsspitzen innerhalb eines Systems durch federnde oder dämpfende Elemente u. a. m.*

*Einige der am Institut für Landmaschinentechnik der Technischen Universität Dresden eingesetzten Meßmittel bzw. Meßverfahren werden in den beiden folgenden Beiträgen behandelt.*

Dipl.-Ing. F. RITZMANN, KDT\*

### Entwicklung und Einsatz von Meßmitteln am Institut für Landmaschinentechnik der Technischen Universität Dresden

Zur Durchführung von Betriebsmessungen an Landmaschinen stehen nicht immer geeignete Meßgeräte zur Verfügung. Daher mußten am Institut für Landmaschinentechnik eine Reihe von Meßmitteln selbst entwickelt und gebaut werden.

Folgende Forderungen werden an Meßmittel gestellt, die für Messungen an Landmaschinen vorgesehen sind:

\* Technische Universität Dresden, Institut für Landmaschinentechnik (Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. GRUNER)

Unempfindlichkeit gegen Erschütterungen,  
Unempfindlichkeit gegen Witterungseinflüsse und Staub,  
genügend hohe Empfindlichkeit,  
geringe Trägheit (bei dynamischen Vorgängen),  
einfache und handliche Bauweise,  
einfache Anbringungsmöglichkeit,  
einfache Bedienbarkeit,  
vielseitige Verwendbarkeit,  
Unabhängigkeit von stationären Energieanlagen.

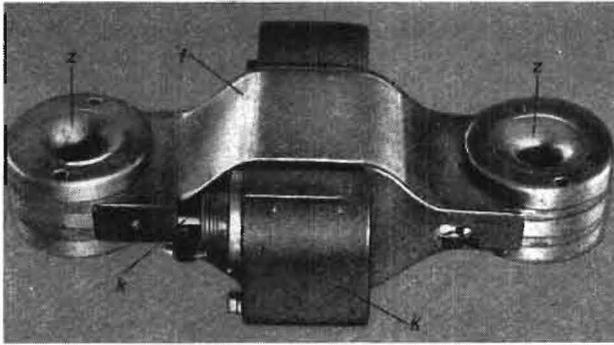


Bild 1. Mechanischer Zugkraftmesser,  $P_{max} = 2000$  kp; z Zugösen, f Ringfeder, k Kassette für Wachspapierstreifen, a Antrieb für Wachspapierstreifen

Es ist nicht immer möglich, alle diese Forderungen in einem Meßmittel zu verwirklichen, so daß oft Kompromisse eingegangen werden müssen.

Bei der Entwicklung der benötigten Meßmittel am Institut für Landmaschinentechnik wurde angestrebt, möglichst wenig Grundsysteme, diese jedoch in mehreren Varianten zu verwenden. Einige dieser Grundsysteme und ihre Anwendungen sollen hier beschrieben werden.

### 1. Meßgeräte mit mechanischen Meßgebern

Als Beispiel dieser Gruppe sei ein Zugkraftmesser zur Registrierung von Zugkräften bis  $P_{max} = 2000$  kp genannt (Bild 1). Der eigentliche Meßgeber des Gerätes besteht aus einer Ringfeder, die sich bei der Einleitung von Zugkräften deformiert. Die Deformation stellt eine Wegänderung dar, die durch entsprechende mechanische Zwischenglieder vergrößert auf einen Zeiger übertragen wird. Der Zeiger trägt an seiner Spitze einen Stahlstift, der die Meßwerte auf einem gleichmäßig unter ihm hindurchlaufenden Wachspapierstreifen als Kurvenzug einritz. Nach entsprechender Eichung des Gerätes läßt sich aus dem Kurvenverlauf der Zugkraftverlauf ablesen.

### 2. Meßgeräte mit hydraulischen Meßgebern

Hydraulische Meßgeber wurden am Institut für Landmaschinentechnik in Form von hydraulischen Meßdosen gebaut (Bild 2). In der Meßdose befindet sich ein mit Öl gefüllter Raum, der durch eine Membrane abgeschlossen wird. Auf der Gegenseite befindet sich ein Kolben, der unter dem Einfluß von äußeren Kräften die Membrane in den Ölraum drückt. Das dadurch verdrängte Öl wird einem Federindikator zugeführt, dessen Zeiger die Meßwerte in Form eines Meßschriebs registriert.

Die beschriebenen hydraulischen Meßdosen wurden zum Bau eines hydraulischen Meßpflugs verwendet. Von einem dreischarigen Anhängepflug DZ 30 wurde der mittlere Pflugkörper entfernt und an einem besonderen Meßrahmen befestigt. Der

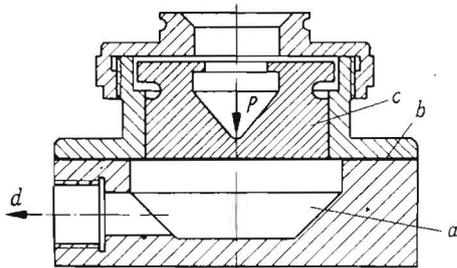


Bild 2. Hydraulische Druckkraftmeßdose; a Ölraum, b Membrane, c Kolben, d zum Indikator

Meßrahmen stützt sich gegen den Pflugrahmen über sechs hydraulische Meßdosen ab. Jede der sechs Meßdosen ist über ein Rohrleitungssystem mit je einem Indikator verbunden. Die sechs Indikatoren sind in einem Schreibwerk so angeordnet, daß sie sechs Kurven auf einen gemeinsamen Wachspapierstreifen schreiben, der entweder durch einen Federmotor zeitabhängig oder durch ein auf dem Boden mitlaufendes Antriebsrad wegabhängig angetrieben wird.

Vor Beginn einer Messung werden alle Leitungen zwischen den Meßdosen und den Indikatoren zunächst durch eine Ölhandpumpe mit einem bestimmten Druck vorgespannt. Während des Pflügens wirkt der Boden mit einer Kraft von vorerst unbekannter Größe und Richtung auf den am Meßrahmen befestigten Pflugkörper ein. Die Kraft versucht, den Meßrahmen gegenüber dem Pflugrahmen zu verschieben. Dadurch werden die Meßdosen zusätzlich belastet, was sich in entsprechenden Ausschlägen der Zeiger der zugeordneten Indikatoren äußert.

Es werden also stets gleichzeitig sechs Kraftkomponenten gemessen, von denen, bedingt durch die Anordnung der Meßdosen, drei senkrecht, zwei in Längsrichtung des Pfluges und eine quer zur Pflugrichtung liegen. Mit Hilfe bekannter Verfahren der technischen Mechanik werden die sechs Komponenten zu einer resultierenden Beanspruchung zusammengesetzt [1].

Auf diese Weise lassen sich die Kräfte am Pflugkörper in Abhängigkeit von der Gestaltung des Pflugkörpers, der Fahrgeschwindigkeit, Arbeitsbreite, Arbeitstiefe und Bodenbeschaffenheit bestimmen. Daraus kann man Rückschlüsse auf die günstigste Pflugkörperform bei verschiedenen Bedingungen ziehen.

Eine gleichartige hydraulische Meßdose wurde in Verbindung mit einem Indikator und einem geeigneten Schreibwerk in einer Versuchsbodenfräse zur Messung des Drehmoments an der Fräswelle verwendet. Eine im Antrieb vor der Fräswelle liegende Zwischenwelle ist in einem Hebel gelagert, der unter Einwirkung eines bei Übertragung des Drehmoments auftretenden Zahndruckes um einen festen Punkt zu schwenken versucht. Die zur Verhinderung des Ausschwenkens notwendige Gegenkraft wird über die Meßdose aufgenommen und am Indikator wiederum als Kurvenzug auf einem Wachspapierstreifen registriert.

Mechanische und hydraulische Meßgeräte haben den Vorteil, daß sie unabhängig von elektrischer Energie und meist einfach in Aufbau und Bedienung sind. Nachteilig ist jedoch ihre größere Trägheit gegenüber elektrischen Meßgeräten.

### 3. Elektrische Meßgeräte

Die meisten Meßaufgaben werden am Institut für Landmaschinentechnik mit elektrischen Meßeinrichtungen gelöst. Sie werden zur Messung der verschiedensten Beanspruchungen verwendet, wie z. B. zur Messung von Kräften, Biegemomenten, Drehmomenten, Beschleunigungen, Spannungen, hydraulischen Drücken u. a. m. Elektrische Meßeinrichtungen bestehen immer aus einem Geber, einem Verstärker und einem Anzeige- bzw. Registriergerät.

Ihr Vorteil besteht besonders in ihrer hohen Empfindlichkeit, die in weiten Grenzen durch einfache Maßnahmen den vorliegenden Meßaufgaben angepaßt werden kann, sowie in ihrer nahezu trägheitslosen Arbeitsweise. Nachteilig ist ihre Abhängigkeit von elektrischen Anlagen, besonders bei Messungen auf dem Feld. Die am Institut für Landmaschinentechnik entwickelten Geräte wurden so ausgelegt, daß sie mit 24 V Spannung aus zwei hintereinandergeschalteten Traktorbatterien gespeist werden können.

In den elektrischen Gebern wird die jeweilige mechanische oder hydraulische Meßgröße in eine elektrische Größe umgewandelt. Als Meßwandler wurden am Institut für Landmaschinentechnik teilweise handelsübliche Dehnmeßstreifen verwendet, die auf Bauteile aufgeklebt werden, die unter dem Einfluß der Beanspruchung einer Dehnung unterworfen sind. Mit Hilfe von Dehnmeßstreifen wurden u. a. Biegespannungen an Traktorradsen und Zugkräfte in Koppeln von Strohpressenantrieben gemessen.

Die Anwendung von Dehnmeßstreifen hat den Vorteil, daß die charakteristischen Eigenschaften der untersuchten Teile (Federeigenschaften, Festigkeit und dergleichen) in keiner Weise verändert werden. Sie haben jedoch den Nachteil, daß die Empfindlichkeit nicht im Geber selbst, sondern nur in der nachfolgenden Verstärkereinrichtung geändert werden kann. Auch lassen sich Dehnmeßstreifen nur einmal verwenden; ihre Ablösung von dem untersuchten Bauteil führt stets zu ihrer Zerstörung.

In dem Bestreben, Meßgeber zu erhalten, die beliebig oft angewendet und leicht ausgewechselt werden können, wurden am Institut für Landmaschinentechnik eine Reihe von elektrischen Meßgebern mit induktiven Wandlern entwickelt und gebaut. Die induktiven Wandler bestehen aus zwei Spulen mit Eisenkern, zwischen denen eine Zunge angeordnet ist, die

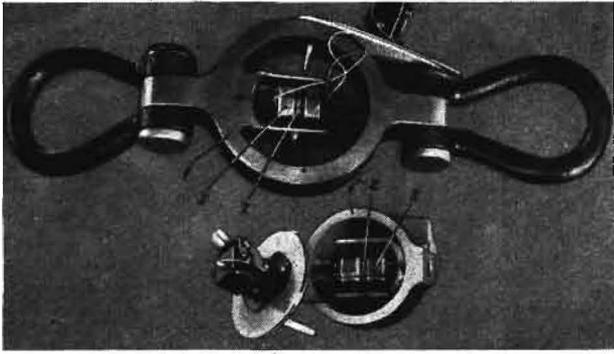


Bild 3  
Elektrischer  
Zugkraftmesser  
(oben) und  
Druckkraftmesser  
(unten);  $f$  Ringfeder  
s Spule, z Zunge

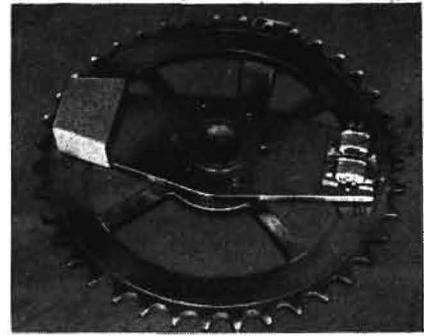


Bild 4  
Elektrischer  
Drehmomentmesser;  
s Spule, z Zunge

sich unter dem Einfluß der zu messenden Beanspruchung zwischen den Spulen bewegt. Die beiden Spulen werden als halbe Brücke geschaltet; zur Vervollständigung der ganzen Brücke sind entsprechende Elemente im Verstärker eingebaut.

Durch die Bewegung der Zunge zwischen den Spulen ändert sich die Induktivität der Spulen. Die den Spulen zugeführte Trägerfrequenz von 5 kHz wird dadurch amplitudenmoduliert. Die verstärkte modulierte Trägerfrequenzspannung wird phasenempfindlich gleichgerichtet und bei statischen Messungen einem Anzeigeelement, bei dynamischen Messungen einem Schleifenoszillografen oder einem anderen Registriergerät zugeführt.

Durch Änderung des Luftspaltes zwischen den Spulen und der Zunge läßt sich bereits im Geber die Empfindlichkeit der Meßeinrichtung in weiten Grenzen einstellen; ein enger Spalt bewirkt eine hohe Empfindlichkeit und umgekehrt ein breiter Spalt eine geringere Empfindlichkeit.

Im folgenden sollen einige mit induktiven Wandlern bestückte Meßgeber beschrieben werden.

### 3.1. Elektrische Zugkraftmesser und Druckkraftmesser

bestehen aus einer Ringfeder, die unter der Einwirkung von Zugkräften bzw. Druckkräften elastisch verformt wird (Bild 3). Innerhalb des Ringkörpers sind in Richtung der eingeleiteten Kraft an einer Seite des Ringes der Spulenträger, an der anderen Seite der Zungenträger befestigt. Bei Deformation der Ringfeder verschiebt sich die Zunge zwischen den Spulen, wodurch die schon erwähnte Induktivitätsänderung der Spulen eintritt. Elektrische Zug- und Druckkraftmesser werden vorwiegend zur Messung dynamischer Kräfte eingesetzt, während für statische Messungen einfache mechanische Meßgeräte mit Zeiger genügen.

### 3.2. Elektrischer Drehmomentmesser

Bei der Untersuchung von Landmaschinen sind häufig die zum Antrieb einzelner Aggregate oder der gesamten Maschine erforderlichen Drehmomente zu bestimmen. Dazu wurden am Institut für Landmaschinentechnik ebenfalls Geber mit induktiven Wandlern entwickelt (Bild 4). Sie bestehen aus einem mit vier Speichen versehenen Antriebskettenrad, auf dessen Nabe ein Spulenträger angebracht ist. Der Spulenträger trägt auf seinen beiden Enden je ein Spulenpaar; er ist bei Übertragung des Drehmoments keiner Beanspruchung ausgesetzt. Die in die Spulenpaare hineinragenden Zungen sind im Kettenkranz des Kettenrades befestigt.

Bei Übertragung des Drehmoments werden die Speichen um einen gewissen Betrag durchgebogen. Dadurch verschiebt sich der Kettenkranz gegenüber der Nabe und damit auch die Zunge gegenüber den Spulen, so daß wiederum die Änderung der Induktivität als Maß für das übertragene Drehmoment gemessen werden kann.

Durch die Verwendung von zwei gegenüberliegenden Spulenpaaren in Kompensationsschaltung wird der Einfluß der Biegung auf den Meßwert, hervorgerufen durch den Kettenzug, ausgeschaltet. Die Empfindlichkeit des Drehmomentgebers kann außer durch Änderung des Luftspaltes zwischen Spulenkern und Zunge vor allem durch die Breite der Speichen bestimmt werden. Es ist jedoch zu beachten, daß sich mit der Änderung der Speichenbreite auch die Eigenfrequenz des Gebers ändert. Die Speichenbreite muß so groß gewählt werden, daß die Eigenfrequenz des Gebers erheblich über der

höchsten auftretenden Meßfrequenz liegt, da sonst durch Eigenschwingungen des Gebers eine Verfälschung der Meßwerte zu erwarten ist. Das gilt sinngemäß für alle beschriebenen Meßgeber mit induktiven Wandlern. — Weiterhin wurde ein

### 3.3. Meßgeber zur Ermittlung von Beschleunigungen

entwickelt, bei dem die zwischen den Spulen liegende Zunge als Masse ausgebildet ist und von einem als Blattfeder wirkenden Halter getragen wird. Spulenpaar und Zunge liegen in einem gemeinsamen Gehäuse, dieses wird auf das bewegte Maschinenteil so aufgesetzt, daß die Anordnung „Spule — Zunge — Spule“ in der Bewegungsrichtung liegt. Bei Beschleunigung bzw. Verzögerung biegt die als Masse ausgebildete Zunge infolge der Trägheit die Blattfeder durch und bewegt sich somit in Richtung der einen oder anderen Spule. Die Änderung der Induktivität wird wiederum als Maß für die Meßgröße (Beschleunigung) ermittelt.

Zu beachten ist hierbei, daß die Blattfeder mit der daran befestigten Masse ein hoch abgestimmtes System darstellen muß, dessen Eigenfrequenz wesentlich höher sein muß als die Meßfrequenz. Die Eigenfrequenz des vorhandenen Gebers beträgt  $f = 400$  Hz. Mit ihm lassen sich Linearbeschleunigungen bis  $b_{\max} = 150 \text{ m s}^{-2}$  und Winkelbeschleunigungen bis  $\epsilon_{\max} = 1500 \text{ s}^{-2}$  messen.

Da bei Veränderungen der Lage des Gebers die Masse unter dem Einfluß der Schwerkraft bereits so verlagert wird, daß eine Anzeige bis zur Größe  $\pm 1 \text{ g}$  entsteht, werden an umlaufenden Wellen stets zwei gegenüberliegende Geber verwendet, die so geschaltet werden, daß die Schwerkraft keinen Einfluß auf die Anzeige ausübt.

Im Institut für Landmaschinentechnik wurden die Beschleunigungsmesser u. a. zur Untersuchung der Ungleichförmigkeit von Bewegungsübertragungen vom Traktor zur Landmaschine bei verschiedenen Winkeleinschlägen der Gelenkwelle eingesetzt.

### 3.4. Bestimmung des Spannungsverlaufs

Bei einigen Maschinen sollten an Konstruktionsteilen, wie Rahmen, Achsen u. dgl., Untersuchungen über den Spannungsverlauf bei verschiedener Belastung vorgenommen werden. Die Hauptspannungsrichtung an den Meßpunkten wurde zunächst mittels Reißbleck bestimmt. Zur statischen Messung der Spannungsgröße wurden Feindehnungsmesser mit induktiven Wandlern gebaut und eingesetzt. Zwei Tastspitzen werden an dem jeweiligen Meßpunkt auf das zu untersuchende Bauteil in Richtung der Hauptspannungen aufgesetzt. Die bei Belastung auftretende Längenänderung wird im Feindehnungsmesser über eine Hebelübersetzung 1 : 6 auf den induktiven Wandler übertragen. Da unterhalb der Proportionalitätsgrenze die Spannung der Dehnung proportional ist, kann auf diese Weise der Spannungsverlauf in dem zu untersuchenden Bauteil mit einer beliebig großen Anzahl von Meßpunkten abgetastet werden. Die Anwendung von Dehnungsmeßstreifen scheidet in solchen Fällen wegen der relativ großen Anzahl von notwendigen Meßpunkten aus.

Das Gerät ist vorwiegend für statische Messungen bestimmt, kann jedoch auch für dynamische Vorgänge mit niedrigen Frequenzen ( $f_{\max} \approx 5 \text{ Hz}$ ) eingesetzt werden. — Als letztes Beispiel für die Anwendung induktiver Wandler sei die

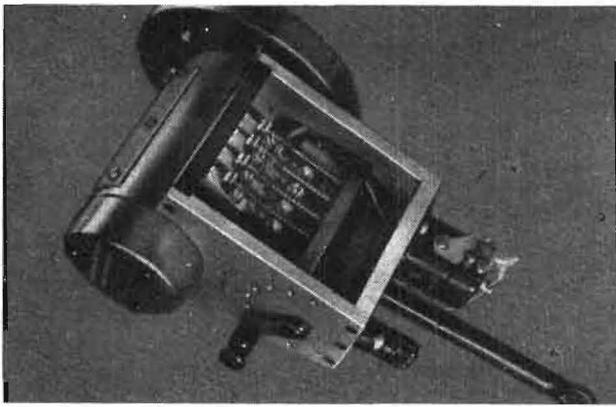


Bild 5. Schleifringübertrager für Wellenenden

### 3.5. Messung des hydraulischen Druckes

erwähnt. Die statische Messung des Öldruckes erfolgt mit handelsüblichen Röhrenfedermanometern, bei denen der Druck als Zeigerausschlag auf einer Skala abgelesen wird. Bei schnell verlaufenden Druckänderungen kann das Auge des Beobachters den Zeigerausschlägen nicht mehr folgen, so daß eine Registrierung des Druckverlaufs notwendig ist.

Dazu wurde in das Gehäuse des Manometers ein Spulenpaar zu beiden Seiten der Röhrenfeder angebracht. Auf die Anbringung einer besonderen Zunge zwischen den Spulen wurde verzichtet, da die sich bei Druckerhöhung streckende Röhrenfeder als bewegtes Element zur Änderung der Induktivität verwendet werden kann.

Die Druckmeßgeber wurden in der angegebenen Form in zwei Größen gebaut:

- Meßbereich  $0 \dots 150 \text{ kp/cm}^2$ , Eigenfrequenz 250 Hz
- Meßbereich  $0 \dots 250 \text{ kp/cm}^2$ , Eigenfrequenz 400 Hz.

Sie wurden u. a. zur Messung von Druckverläufen in Hydraulikanlagen von Landmaschinen eingesetzt.

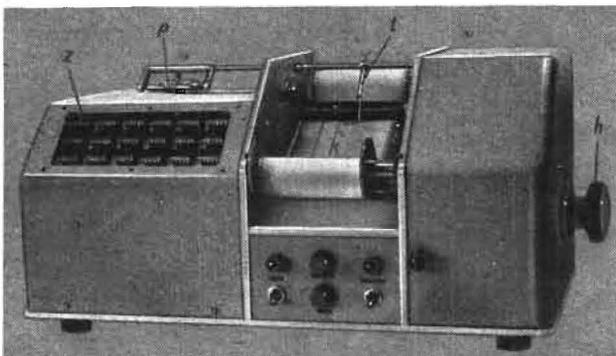
Es sind auch Druckmeßgeber bekannt, in denen die Durchbiegung einer Membrane bei Druckerhöhung zur Veränderung der Induktivität einer Spule verwendet wird.

## 4. Entwicklung von Zusatzgeräten

Neben den elektrischen Meßgebern mußten zum Aufbau elektrischer Meßanlagen eine Reihe Zusatzgeräte von uns entwickelt werden, da zur Zeit des Bedarfs geeignete handelsübliche Geräte nicht vorhanden waren. Auf diese Weise entstanden u. a. Umformer  $24/220 \text{ V}$  zur Stromversorgung des Oszillografen, 5-kHz-Trägerfrequenzverstärker zur Verstärkung der Meßspannungen als Ein-, Drei- und Vierkanalgerät, sowie Schleifringübertrager zur Übertragung der Meßspannungen vom Meßgeber an rotierenden Teilen (Dehnmeßstreifen oder Meßgeber mit induktiven Wandlern) zur Verstärkeranlage.

Die gebauten Schleifringübertrager sind in der Normalausführung zum Anflanschen an Wellenenden vorgesehen (Bild 5). Sie sind mit vier Schleifringen mit Silberbelag und einem

Bild 6. Auswertgerät für Meßschriebe; *t* Taststift, *h* Handrad zur Nachführung des Taststiftes, *p* Planimeter, *z* Zählwerk



zusätzlichen Kontakt für die Drehzahlmarke ausgestattet. Die Anpreßkraft der Kohlebürsten kann durch einen Exzenter den jeweils vorliegenden Betriebsbedingungen angepaßt werden.

Mit dem prinzipiell gleichen Aufbau wurden am Institut für Landmaschinentechnik Schleifringübertrager mit sieben Schleifringen (für zwei Meßstellen) zum Anflanschen an Wellenenden oder mit vier Schleifringen für durchgehende Wellen bis  $45 \text{ mm}$  Wellendurchmesser gebaut.

Bei allen beschriebenen Meßgeräten werden die Meßergebnisse in Form von Meßschrieben (Wachspapierschriebe oder Oszillogramme) festgehalten, sofern es sich nicht um statische Messungen handelt. Da die Auswertung der Meßschriebe durch Auszählung und Ausmessung der Ausschläge äußerst zeitaufwendig ist, wurde am Institut ein Auswertgerät entwickelt (Bild 6). Der in das Gerät eingeführte Meßschrieb wird durch einen elektromechanischen Antrieb durch das Gerät gezogen. Die aufgezeichnete Kurve wird von Hand mit einem Taststift nachgefahren.

Das Gerät bietet zwei Möglichkeiten der Auswertung:

Zur Ermittlung des Mittelwertes der Meßgröße kann an einem eingebauten Planimeter die Fläche unter der Meßkurve abgelesen werden.

In den meisten Fällen ist jedoch eine statistische Auswertung der Meßergebnisse erforderlich, so daß die Häufigkeitsverteilung der Meßwerte ermittelt werden muß [2]. Dazu wird die Gesamtbreite des Meßschriebes in Klassen aufgeteilt. Im Gerät ist eine der Anzahl der Klassen entsprechende Zahl von Zählern eingebaut. Je nach der Stellung des auf der Kurve entlanggeführten Taststiftes werden den einzelnen Zählern Impulse zugeleitet, die ein Weiterschalten des Zäblers bewirken. An Hand der Zählerstände vor und nach dem Abtasten des Meßschriebes läßt sich die Klassenhäufigkeit bzw. Summenhäufigkeit leicht ermitteln.

Im Normalfall wird der Meßbereich in 12 Klassen unterteilt; es ist jedoch auch der Anschluß eines Zählwerkes mit bis zu 40 Zählstellen möglich.

Mit diesem Gerät kann die Auswertung von Meßschrieben wesentlich rationalisiert werden. Es sind jedoch am Institut für Landmaschinentechnik auch Untersuchungen zur weiteren Mechanisierung und teilweisen Automatisierung der Auswertung von Meßergebnissen angestellt worden, wie sie z. B. im folgenden Beitrag von Dipl.-Ing. II. DILG dargestellt werden.

## 5. Einsatz der Meßgeräte

Die beschriebenen Geräte werden am Institut hauptsächlich zu Meßaufgaben im Rahmen von Forschungsarbeiten und Abschlußarbeiten von Absolventen eingesetzt. Darüber hinaus wurden sie auch in einigen Fällen an Meßabteilungen von Betrieben des Landmaschinen- und Traktorenbaues zur Erprobung neu entwickelter Maschinen ausgeliehen.

Einige der wichtigsten Geräte wurden in Zusammenarbeit mit der Landmaschinenindustrie in mehreren Exemplaren angefertigt und die beteiligten Betriebe damit ausgerüstet.

Wichtig ist bei jedem Einsatz von Meßgeräten die möglichst genaue Kenntnis ihrer Eigenschaften. Daher werden am Institut sowohl die selbst entwickelten wie auch die nach Unterlagen anderer Institutionen gefertigten oder käuflich erworbenen Geräte genau untersucht. Dabei werden die Grenzen ihrer Verwendbarkeit und ihre charakteristischen Eigenschaften festgestellt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind der Landmaschinenindustrie und allen anderen Interessierten zugänglich.

## 6. Zusammenfassung

Der Beitrag stellt einen Überblick über einige am Institut für Landmaschinentechnik der Technischen Universität Dresden vorhandene Meßmittel dar, die wir im Zusammenhang mit durchgeführten Untersuchungen für Forschungsarbeiten und für Lehrzwecke entwickelten. Es wurde gezeigt, wie mit relativ einfachen Mitteln vielseitig einsetzbare Meßgeräte entstanden oder wie wir den Anwendungsbereich handelsüblicher Geräte durch Einbau von Zusatzeinrichtungen erweitern.

## Literatur

- [1] REGGE, H.: Ein Gerät zur Darstellung des resultierenden Bodewiderstandes an Pflugkörpern. Deutsche Agrartechnik (1958), H. 10, S. 457 bis 459
- [2] REGGE, H.: Zur statistischen Auswertung von Versuchsergebnissen. Deutsche Agrartechnik (1963) H. 1, S. 33 bis 36 A 5387