

3.1.1.5. Geräte für die Anwendung der Dehnungsmeßstreifentechnik

Nachdem nun die technische Ausführung der Meßfühler in der Dehnungsstreifentechnik erläutert wurde, soll noch etwas Näheres gesagt werden zu den zugehörigen Geräten. Seit langer Zeit sind zum Betreiben der Meßstreifenschaltungen Dehnungsmeßanlagen üblich, die ausgerüstet sind:

- a) mit einer Speisespannungsversorgung der Brücken (bisher als Trägerfrequenzwechsellspannung von 5 kHz)
- b) mit den Abgleicheinrichtungen bei Halb- und Vollbrückenschaltungen
- c) mit den Verstärkern (Trägerfrequenzverstärker, phasenrichtige Gleichrichtung, Ausgangsverstärker) und
- d) mit den verschiedenen Ausgängen für das Betreiben niederohmiger Registriergeräte, den Anschluß von 600-Ω-Filtern und hochohmiger Anzeigegeräte, die auch umschaltbar in den Geräten selbst eingebaut sind, um den Abgleich bequemer vornehmen zu können und die Funktionssicherheit zu testen.

In letzter Zeit werden aber auch Gleichspannungsdehnungsmeßeinrichtungen gefertigt, vor allem im Zusammenhang mit Halbleitermeßstreifen. Da hierbei wesentlich höhere k-Faktoren auftreten, kann man bei hinreichend empfindlichen Anzeige- und Registriereinrichtungen oft verstärkerlos arbeiten. Für die Betriebsmeßtechnik werden vom VEB Meßelektronik Dresden industriell gefertigte Aufnehmer für Kräfte (Typ KWH) und für Drücke (Typ DHW) angeboten, die auch für Untersuchungen geeignet sind, wenn die im Gerät selbst vorgenommene Temperaturkompensation ausreicht. Diese ist bei Halbleitermeßstreifen kritischer, da auch der k-Faktor temperaturabhängig ist. Hier wird durch temperaturabhängige Vorwiderstände die Brückenspeisung beeinflusst, um den Temperaturgang des k-Faktors zu kompensieren.

Die zum Betreiben der genannten Aufnehmer entwickelten Geräte lassen sich auch für gewöhnliche Meßstreifen verwenden, wenn genügend hohe Dehnungen auftreten und empfindliche Registriergeräte verfügbar sind. Hierfür ein Beispiel: Für die Registrierung der sich verändernden Reibkräfte in einem Lager auf einem Verschleißprüfstand wurde ein Kompensationsschreiber (E.-Weinert, Magdeburg) verwendet. Als Meßwertaufnehmer dienten einseitig eingespannte Träger mit einer Halbbrückenschaltung der Meßstreifen bei einer Speisung von 12 V Gleichstrom, die so dimensioniert war, daß eine ausreichende Empfindlichkeit erreicht wurde. Die Schaltung zeigt Bild 20.

Als Registrier- und Anzeigegerät sind bei Gleichspannung als Speisespannung alle empfindlichen Gleichspannungsmeßeinrichtungen anwendbar, je nach den dynamischen Anforderungen.

In Verbindung mit Dehnungsmeßanlagen (403 von den Physikalischen Werkstätten Thalheim und UM 131 bzw. 111 von Meßelektronik Dresden) wurden bisher Schleifenzillografen (3-, 4-, 8- und 9-Schleifenzillografen vom Meßgerätewerk Zwönitz) als Registriergeräte benutzt oder auch in einigen Fällen importierte Mehrkanal-Magnetbandgeräte, die den Vorteil haben, daß man die Meßwerte beliebig oft für eine elektrische Auswertung zur Verfügung hat. Bei Schleifenzillografen ist es nachteilig, daß erst nach einer Naßentwicklung des Papiers erfolgen muß, so daß sich der Erfolg der Messung erst nachher einschätzen läßt. Begrüßt werden daher die Technischen Schnellschreiber (TSS-101 vom Meßgerätewerk Zwönitz) mit Direktschrift durch An-

drücken eines Kohlepapiers, deren obere Grenzfrequenz von 100 Hz für viele Fälle ausreicht, und die Lichtschreiber (12 LS-1 und 8 L-S1 von Zwönitz), die mit direktschwarzendem Papier arbeiten können und höhere Grenzfrequenzen haben. Während für das Betreiben von Schnellschreibern Batteriespannungen ausreichen, benötigt man vor allem für die Quecksilberdampflampen bei Direktschrift mit den Lichtschreibern wieder 220 V Wechsellspannung. Vorteile bei den Lichtschreibern bringen neben den kleineren Abmessungen der Geräte aber auch die empfindlichen Stiftgalvanometer. Allerdings sind sie hinsichtlich der Anpassung an die anderen Meßeinrichtungen schwieriger zu handhaben, weil sie zum Teil nur elektrisch gedämpft werden. Dazu ist ein ganz bestimmter Ausgangswiderstand der vorgeschalteten Einrichtungen notwendig, der sich jedoch durch entsprechende Anpassungssteller erreichen läßt.

Eine Abschätzung, ob es auch bei Verwendung von Stiftgalvanometern möglich ist, verstärkerlos mit gewöhnlichen Dehnungsmeßstreifen zu messen, soll hier an einem Beispiel erfolgen. Die gewählte Schaltung mit Meßstreifen in Halbbrücke, ihre technischen Daten und die wichtigsten Daten des gewählten Stiftgalvanometers zeigt Bild 21. Der Innenwiderstand der Brücke mit $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$ wurde gleich dem Dämpfungswiderstand des Galvanometers gewählt. Entsprechend der Beziehung für die Meßspannung erhält man beim Dividieren durch den Gesamtwiderstand im Galvanometerkreis $R_e = R_i + R$ den Strom zu:

$$I_M = \frac{U_{sp} \cdot k \cdot \epsilon}{2(R_i + R)}$$

Berechnen wir hieraus die notwendige Dehnung ϵ_1 bei der 1 mm Lichtzeigerauslenkung erzeugt würde, d. h. wenn ein

Strom $I_{M1} = \frac{1 \text{ mm mA}}{1600 \text{ mm}}$ fließt, ergibt sich:

$$\epsilon_1 = \frac{I_{M1}(R_i + R)2}{k U_{sp}} = \frac{1 \text{ mA} \cdot 0,19 \text{ k}\Omega \cdot 2}{1600 \cdot 2 \cdot 3 \text{ V}} = 0,12 \cdot 10^{-3}$$

Das bedeutet, bei maximal zulässigem Ausschlag von 8 mm sind rd. 1 ‰ Dehnung erforderlich, was praktisch möglich ist, so daß dann verstärkerlos gemessen werden kann. Auf jeden Fall ist dies möglich bei Halbleitermeßstreifen mit k-Faktoren von 120.

Abschließend noch einige Bemerkungen zum dynamischen Verhalten der Meßeinrichtungen: Erst einmal wird die Dynamik durch die mechanischen Eigenschaften der Meßwertaufnehmer bestimmt, da deren obere Grenzfrequenz meistens am niedrigsten ist. Außerdem ist aber auch durch die Dehnungsmeßanlage eine obere Grenzfrequenz gegeben und dann auch durch das Registrierorgan, bei Schleifenzillografen z. B. infolge der Eigenresonanz der Schleife. Man kann aber auch bewußt die obere Grenzfrequenz herabsetzen durch Zwischenschalten von Filtern oder einfachen Tiefpaßgliedern. Am geeignetesten ist hier das Zwischenschalten von Filtern zwischen Dehnungsmeßanlage und Registrierorgan, dazu ist der 600-Ω-Ausgang vorgesehen, da Filter in Anpassung betrieben werden sollen (Bild 22). Oft können so höherfrequente Störanteile ausgesiebt werden. Bei dem in Bild 20 gezeigten Beispiel werden Schwankungen während einer Umdrehung durch unrunder Lauf, die nicht interessieren, einfach durch den Kondensator C integriert, da der Innenwiderstand der Brücke zusammen mit C einen Tiefpaß darstellt.

Mit Filtern lassen sich aber auch bestimmte Frequenzanteile hervorheben oder unterdrücken (Bandpässe), was für bestimmte Analysen der Meßergebnisse günstig sein kann. Hierzu ist es dann vorteilhaft, wenn man die Vorgänge auf

* Sektion Landtechnik der Universität Rostock (Direktor: Prof. Dr.-Ing. habil. CHR. EICHLER)

¹ Teil I in H. 5, S. 223, Teil II in H. 6, S. 291, Teil III in H. 7, S. 338

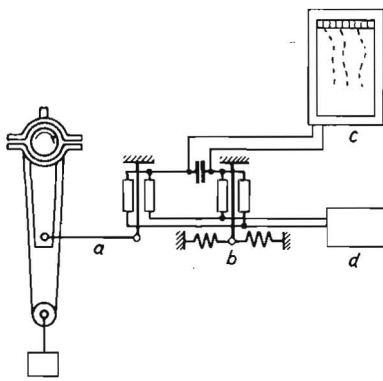


Bild 20
Anordnung und Schaltung der Meßstreifen und der Meßeinrichtung für das Messen von Reibmomenten bei verstärkerloser Registrierung; a Meßträger, b Nullpunkteinstellung, c KB-Schreiber, d Transistor-Stromversorgungsgerät

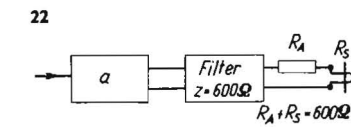
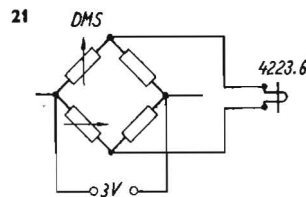


Bild 21
Verstärkerlose Meßwertregistrierung mit Halbrückenschaltung der Meßstreifen ($R = 150 \Omega$, $I_{zul} = 20 \text{ mA}$, $K = 2$) und Stiftgalvanometer 4623.6 ($A = 1600 \text{ mm/mA}$, $R_0 \approx 150 \Omega$, $R_1 = 39 \Omega \pm 10\%$, $f_B = 0 \dots 60 \text{ Hz}$ bei $\pm 5\%$)

Bild 22
Schaltung eines Filters zwischen Dehnungsmeßanlage a mit 600- Ω -Ausgang und Meßschleife

Bild 23
Schaltungsmöglichkeiten für Potentiometer als Meßfühler; a) Brückenschaltung, b) Spannungsteiler

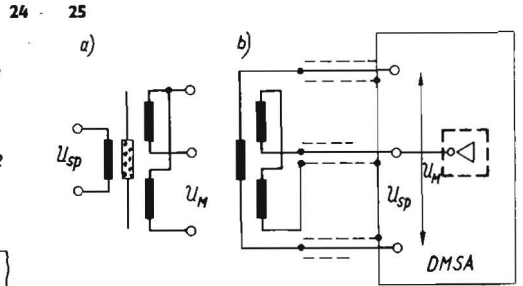
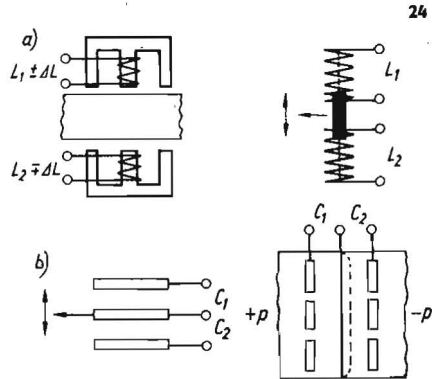


Bild 24
Ausführungsformen induktiver a) und kapazitiver b) Differentialfühler

Bild 25
Ausführungsform eines Differentialtransformators a) und seine Zusammenschaltung mit einer Dehnungsmeßanlage DMSA b)

Magnetbändern gespeichert hat. Auf diese Dinge soll jedoch hier nicht weiter eingegangen werden.

3.1.2. Andere elektrische Meßfühler

Bevor die nächsten passiven elektrischen Größen — Induktivität und Kapazität — hier vorgestellt werden, sei noch erwähnt, daß man auch sehr leicht einen Meßwertfühler aus einem Potentiometer gewinnen kann. Hierbei wird ein Schleifer auf einem drahtgewickelten Widerstand oder einer Widerstandsschicht bewegt und damit der Widerstand zwischen einem Endpunkt und dem Schleifer verändert. Man kann dann entweder diese Widerstandsänderung auch mit Brückenschaltungen messen oder sofort eine Meßspannung gewinnen durch Ausnutzen der Spannungsteilung. Die beiden Schaltungen zeigt Bild 23. Beim Spannungsteiler ist vor allem darauf zu achten, daß die Meßspannung U_M nur einer Meßeinrichtung zugeführt wird, die ausreichend hochohmig ist ($R_M > 10 \cdot R_E$), da sonst die Kennlinie nichtlinear wird. Die Schleiferbewegung ist hinsichtlich Verschleiß und Erschütterungen vielfach nachteilig, hinzu kommt ein recht großer Weg oder Winkel, was bei schnellen Meßwertänderungen nicht mehr geht, so daß die Anwendung auf nur wenige Fälle beschränkt bleibt.

Kapazitäten und Induktivitäten sind für den Wechselstromkreis bedeutsame Größen und mit den Widerständen vergleichbar. Man kann die Änderung dieser Größen ebenfalls mit Hilfe von Brückenschaltungen messen oder in meßbaren Spannungsänderungen umformen. Vielfach lassen sich diese Meßfühler an Dehnungsmeßanlagen mit Trägerfrequenzspeisespannung anschließen, meistens als Halbbrücken, indem man Differentialspulen bzw. -kondensatoren verwendet. Ausführungsbeispiele zeigt Bild 24. Die beweglichen Teile werden mit Federelementen, auf die die Kräfte, Drücke oder Momente wirken, verbunden, und damit entstehen wieder Meßwertaufnehmer für diese Größen. Man erhält durch Differentialspulen bzw. -kondensatoren eine größere

Linearität, die allerdings auch auf einen bestimmten Ausschlag begrenzt ist.

Da der Aufwand an zugehörigen Meßgeräten nicht geringer ist als bei Dehnungsmeßstreifen und bei diesen Fühlern sich oft Störungen der magnetischen bzw. elektrischen Felder auswirken, ist ihre Anwendung nicht so sehr verbreitet. Beim Beachten der Störmöglichkeiten und entsprechender Ausführungen können sich jedoch auch Vorteile ergeben gegenüber Meßstreifen, da empfindlichere Meßeinrichtungen zustandekommen können oder solche mit besseren dynamischen Eigenschaften.

Es gibt aber auch noch andere Möglichkeiten des Anzeigens der Änderung der Induktivitäten und Kapazitäten, so z. B. durch Ausnutzen der Effekte im Schwingkreis. So kann man die Frequenz eines Oszillators sehr leicht ändern, und mit einer digitalen Frequenzmessung erhält man bequem ein digitales Meßgerät oder eine Meßgröße, die frequenzmoduliert ist, einfach mit Magnetbandgeräten registriert werden kann und sich für drahtlose Übertragung gut eignet. Eine Sonderausführung des induktiven Aufnehmers stellt der Differentialtransformator dar, den Bild 25a zeigt. Dieser Meßfühler kann in Verbindung mit Dehnungsmeßanlagen nach Bild 25b wie eine Vollbrücke angeschlossen werden. Aber man kommt auch ohne weitere Meßgeräte aus, wenn die Spannungsdifferenz der sekundären Wicklungen ausreicht für die Anzeige oder Registrierung. Besonders einfach wird es, wenn diese Meßwertaufnehmer auch mit 50 Hz Wechselspannung gespeist werden können, jedoch lassen sich dann nur sehr langsame Vorgänge registrieren.

Bei dieser Gelegenheit sei darauf hingewiesen, daß auch beim Messen mit Trägerfrequenz die obere Grenzfrequenz etwa $1/5$ der Trägerfrequenz nicht überschreiten kann. Das wäre bei den üblichen Geräten 1 kHz. Eine Erhöhung der Trägerfrequenz bringt bald andere Schwierigkeiten mit sich, so daß eine Grenze bestehen bleibt und andere Verfahren gesucht werden müssen. Hier haben dann vor allem kapazi-

tive Meßfühler eine größere Bedeutung, die mit besonderen Schaltungen betrieben werden. Aber auch Halbleiterdehnmessstreifen mit Gleichstromspeisung können hier günstig sein, da die Geberkörper wesentlich steifer ausgelegt werden können, um mechanisch eine ausreichend hohe Grenzfrequenz zu erreichen. Diese Probleme spielen jedoch heute bei Landmaschinen keine so große Rolle, da bisher die Vorgänge im allgemeinen noch niederfrequenter sind, sie sollten aber nicht aus dem Auge gelassen werden, denn höhere Arbeitsgeschwindigkeiten verlangen auch schnellere Vorgänge in den Maschinen.

Für höher frequente Wechselbeanspruchungen haben auch die piezoelektrischen Geber noch Bedeutung. Der Nachteil derartiger Geber ist das entweder gar nicht mögliche oder mit großer Unsicherheit ausführbare Festhalten konstanter Anteile. Da die der Beanspruchung proportionalen Ladungen

mit sehr hochohmigen Meßgeräten gemessen werden müssen, ist man z. Z. an besondere Meßgeräte gebunden, wie z. B. die piezoelektrische Meßeinrichtung (PPM 1) vom Meßgerätekonzern Zwönitz, die bei Landmaschinenuntersuchungen sicher nur für Sonderaufgaben in Frage kommen kann. Für hochfrequente Meßvorgänge wird man hier noch andere Auswege finden müssen. Bei Schwingungsmessungen haben die piezoelektrischen Geber schon eine breite Anwendung gefunden, davon wird unter 3.3 noch zu berichten sein. Speziell für Druckmessungen und bei Kraftmeßdosen wurden noch andere Prinzipien versucht, so die Druckabhängigkeit des elektrischen Widerstands besonderer Materialien bei sehr hohem und schnellveränderlichem Druck, oder die Ausnutzung des magnetoelastischen Effekts, wie bei der Kraftmeßeinrichtung für stationäre Anlagen (Phys. Werkstätten Thalheim). (Fortsetzung folgt) A 7925/IV

Ergebnisse technologischer Untersuchungen beim komplexen Maschineneinsatz in der Pflanzenproduktion

Dr. H. WEBER, KDT*
Dipl. agr. M. ROHDE*

1. Problemstellung

Analysiert man die Ursachen für die Steigerung der Flächenleistungen einer Reihe wichtiger Großmaschinen in der DDR, die in den letzten Jahren in Maschinenketten der Pflanzenproduktion eingesetzt wurden, so wird deutlich, daß sie in den meisten Fällen nicht durch höhere Leistungen je Stunde Einsatzzeit, sondern vor allem durch längere Einsatzdauer je Tag und Saison erreicht wurden. Dabei sind die Ergebnisse in Abhängigkeit von einer Vielzahl von Einflußfaktoren sehr differenziert. Es ist jedem Praktiker bekannt, welche Vorteile der komplexe Einsatz von Maschinen bei Berücksichtigung der Einsatzbedingungen bringt. Die bisherigen Ergebnisse können jedoch noch nicht befriedigen. Das gilt insbesondere für die verschiedenen Ernteverfahren. Zu dieser Einschätzung gelangt man, obwohl sich in den letzten Jahren der überwiegende Teil der Traktoristen und Mechanisatoren in LPG und VEG in vielfacher Hinsicht qualifiziert hat sowie durch Kooperationsbeziehungen und Bildung größerer sozialistischer Landwirtschaftsbetriebe auch größere Produktionseinheiten entstanden. Außerdem wurden der Landwirtschaft der DDR kontinuierlich leistungsfähigere und qualitativ bessere Traktoren und Maschinen zur Verfügung gestellt. Die genannten Widersprüche haben eine Reihe von Ursachen. Auf einige Ursachen technologischer Art soll im folgenden eingegangen werden, um daraus begründete Maßnahmen für Planung und Einsatz von Maschinen in der Pflanzenproduktion ableiten zu können.

Grundsätzlich erscheint es uns besonders wichtig, darauf hinzuwirken, daß bei der Gestaltung der Arbeitsverfahren und des Komplexeinsatzes in der Pflanzenproduktion Voraussetzungen für einen möglichst kontinuierlichen Einsatz von Maschinenketten bei der Bestellung, Pflege und Ernte geschaffen werden. Das bedeutet z. B. die Kombination von Arbeitsgängen mit technologisch ständig gleichen Taktzeiten, was zu einem gleichmäßigen Rhythmus im Arbeitsablauf führt. Die Lösung dieser Fragen wird jedoch durch die Kombination mobiler und stationärer Arbeitsprozesse in der Pflanzenproduktion sehr erschwert.

Demnach kann es nicht um eine Vergrößerung von Maschinenkomplexen oder Schlageinheiten um jeden Preis gehen, sondern um die Schaffung einheitlicher Bedingungen entsprechend dem Entwicklungsstand der Technik. Die Berücksichtigung solcher Probleme führt dazu, schneller industriemäßig zu produzieren, ohne zusätzlich Investitionen vornehmen zu müssen.

2. Ziel der Untersuchungen

- 2.1. Untersuchung wesentlicher leistungsbeeinflussender Faktoren für Maschinen und Maschinenketten als Teil einer technologischen Beurteilung von Maschinen und Verfahren. (Fragen der Arbeitsqualität, der Kosten, Vergütung usw. konnten aus Kapazitätsgründen nicht bearbeitet werden);
- 2.2. Erarbeitung und Erprobung einer Methode zur technologischen Untersuchung von Komplexeinsätzen;
- 2.3. Systematisierung, Analyse und Wertung leistungsbeeinflussender Faktoren beim Komplexeinsatz auf theoretischem und experimentellem Wege. (Im Beitrag „Einige Probleme der Wechselbeziehungen zwischen Einsatz und Instandhaltung von Maschinen in der Pflanzenproduktion“ im Heft 7/1970 dieser Zeitschrift [1] wurde von uns auf einige theoretische Probleme und Fragen der Systematisierung bereits eingegangen);
- 2.4. Schaffung erster Richtwerte für die Einsatz- und Bedarfsplanung von Maschinenketten, vor allem für Ernteverfahren. (Es ist bekannt, welche große Bedeutung der Ermittlung exakter technologischer Ausgangsdaten für die Komplexnormung [2] und für die Anwendung der EDV bei der Einsatz- und Bedarfsplanung zukommt);
- 2.5. Erarbeitung von Forderungen für weitere technologische Forschungsarbeiten bei einzelnen Produktionsverfahren.

3. Methode der Untersuchungen

Es wurden sowohl statistische als auch experimentelle technologische Erhebungen und Messungen bei Komplexeinsätzen verschiedener Arbeitsverfahren durchgeführt. Dabei wurde besonderer Wert darauf gelegt, solche Betriebe für die Untersuchungen auszuwählen, die über erfahrene Kader, moderne Maschinen und entsprechende Einsatzbedingungen sowie über große Erfahrungen beim Komplexeinsatz verfügen, um nach Möglichkeit den Einfluß subjektiver Faktoren auf die Meßergebnisse auf ein Mindestmaß zu reduzieren. An anderer Stelle wurde von uns über methodische Fragen bereits berichtet [3].

4. Einige Ergebnisse der Untersuchungen

Entsprechend dem erarbeiteten Systematisierungsschema leistungsbeeinflussender Faktoren für Maschinen in der Pflanzenproduktion [1] soll im folgenden auf einige wesentliche standortbedingte, konstruktive und technologisch-organisatorische

* Universität Rostock, Sektion Landtechnik
(Direktor: Prof. Dr.-Ing. habil. CHR. EICHLER)