

## 3.2. Meßgeräte und -verfahren für Wege und Winkel

Wie im vorigen Abschnitt gezeigt wurde, erzeugt die Kraft- oder Druckwirkung eine mechanische Verschiebung, die dann vielfach zur weiteren Messung ausgenutzt wird. Daraus folgt, daß hierfür meistens die gleichen Prinzipien Anwendung finden können. Der Unterschied besteht dann eigentlich nur darin, daß man hier größere Wege oder Winkel braucht bei möglichst geringer Gegenkraft, während bei der Kraft- oder Druckmessung möglichst kleine Verschiebungen infolge entsprechend großer Gegenkraft günstig sind.

Beginnen wir auch hier wieder mit mechanischen Meßgeräten, von denen für die Messung von Wegen und Winkeln eine ganze Reihe entwickelt worden ist. Auf alle diese Geräte kann hier nicht eingegangen werden, sie sind aber auch überwiegend allgemein bekannt und sollten weiterhin benutzt werden. Bei einer laufenden Kontrolle oder Registrierung ergeben sich mitunter die bereits genannten Nachteile mechanischer Verfahren. Zum anderen ist es günstig, wenn man alle Größen auf einem Meßschrieb vorliegen hat, damit die zeitliche Zuordnung einfacher wird. So sind auch hier eine ganze Reihe von elektrischen Meßwertaufnehmern entwickelt worden. Diese sind auch in Zukunft für eine einheitliche Datenverarbeitung bedeutsam.

Meßwertaufnehmer in der Fluidtechnik sind ebenfalls möglich. Besonders mit der Pneumatik wurden sehr empfindliche Längenmeßgeräte entwickelt, die aber meistens für stationäre Anlagen gedacht sind. Für die Automatisierung haben noch hydraulische Meßwertaufnehmer Vorteile wegen der einheitlichen Hilfsenergie für die Meß- und Steuerelemente.

Bei den elektrischen Aufnehmern sind induktive Fühler am weitesten verbreitet. Man erhält mit derartigen Fühlern meistens in Verbindung mit Trägerfrequenzanlagen analoge Meßeinrichtungen für Wegmessungen von 0,1  $\mu\text{m}$  bis zu

100 mm (u. mehr in Sonderanfertigungen). Bekannt sind berührungslose Ausführungen und solche mit mechanischer Ankerverstellung. Entsprechend der mechanischen Ausführung ist auch das dynamische Verhalten unterschiedlich. Prinzipiell ist in gleicher Weise mit besonderen Konstruktionen auch eine Winkelmessung möglich. Vom RGW Teltow gibt es bereits hierfür entwickelte Typen.

Bei der Messung größerer Wege und Winkel bei nicht zu schnellen Vorgängen wird wegen der einfachen Schaltung auch vielfach das Potentiometer benutzt.

Das Werk für Meßelektronik Dresden bietet in jüngster Zeit Wegemeßaufnehmer mit Halbleiterdehnmeßstreifen an. Hier wird die Auslenkung eines einseitig eingespannten Trägers, auf dem sich eine Halbbrücke befindet, angezeigt. Durch einfache Verlängerung des Trägerarms läßt sich der Meßbereich variieren. Die Halbleiterstreifen gestatten eine verstärkerlose Messung. Derartige Meßfühler lassen sich aber auch mit gewöhnlichen Meßstreifen leicht selbst schaffen.

Schwierigkeiten bereitet vielfach die Messung größerer Wege und Winkel (z. B. fortlaufende Umdrehungen). Hierzu bedarf es dann besonderer Konstruktionen. Untersetzungsgetriebe sind möglich, aber hinsichtlich der Dynamik und des Verschleißes nicht so günstig. Hier lohnt es, digitale Meßverfahren zu verwenden, besonders wenn auch eine hohe Genauigkeit im Detail verlangt wird. Besonders für die Winkelmessung an umlaufenden Wellen und eine Auflösung auf weniger als 1° wurden Verfahren entwickelt, die eine Art Pulsmodulation verwenden [19]. Meist werden hierzu Impulse durch fotoelektrische Effekte erzeugt, in der Form, daß bei einer bestimmten Winkelstellung eine entsprechende Kombination von Fotodioden Licht erhält, die sonst von einer Blendenscheibe verdeckt sind.

Auf Verfahren und Besonderheiten bei der Schwingwegmessung wird unter 3.4 noch eingegangen.

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

<sup>1</sup> Teil I H. 5, S. 223, Teil II H. 6, S. 291, Teil III H. 7, S. 338, Teil IV H. 8, S. 382

## 3.3. Meßgeräte für Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und Drehzahlen

Bei den nun zur Debatte stehenden Größen handelt es sich um solche, die durch Differentialoperationen nach der Zeit mit den Weg- und Winkelgrößen verknüpft sind, aber auch durch entsprechende Kraftwirkungen bestimmt werden können.

Begonnen wird mit den mechanischen Meßgeräten, die man hierfür noch oftmals einsetzt, da sie einfacher zu übersehen und billiger sind, besonders wenn nicht zu hohe Anforderungen an die Genauigkeit gestellt werden. Das ist besonders für Tachometer und Handdrehzahlmesser zutreffend. Es lassen sich auch registrierende Meßgeräte ausführen, wie es das mit großer Präzision gefertigte Universalmeßgerät der Firma Metallwerker KG Meerane beweist. Aber dieses empfindliche Gerät kann kaum unter Praxisbedingungen bei Landmaschinenuntersuchungen eingesetzt werden.

Bei Beschleunigungsmessungen läßt sich die Trägheitskraft ausnutzen und wie in Kraftmessern anzeigen und registrieren. Auch hier treffen die allgemein genannten Nachteile zu und lassen die Anwendung zurückgehen.

Die in der Fluidtechnik verwendeten Prinzipien seien der Vollständigkeit halber nur kurz genannt: Hier kommen die für die Kraft- oder Verschiebungsmessung genannten Prinzipien in Frage, wobei auch mechanisch eine Umwandlung in diese Größen erfolgt. Speziell für Drehzahlmessungen und hieraus ableitbarer Größen benutzt man Meßwert-

(Schluß von Seite 431)

Drehzahlen und die Größe der dabei auftretenden Beanspruchungsamplituden des vorliegenden Systems gefunden. Danach kann man leicht Maßnahmen zur Dämpfung eines Schwingungssystems oder zur Verlagerung der kritischen Drehzahlen usw. einleiten und auf ihre Wirkung überprüfen. Entsprechend den Erregerstellen in der Praxis lassen sich Pendelgetriebe vor oder nach bzw. vor und nach dem Prüfling anordnen.

Pendelgetriebe können als Drehschwingungserreger auch in Verspannungsprüfständen eingebaut werden (Bild 9). Mit Ausnahme der Ermittlung von Resonanzbereichen sind etwa gleiche Ergebnisse zu erwarten.

Als Pendelgetriebe sind alle Getriebe mit An- und Abtriebswelle in gleicher Achse verwendbar. Bei Anwendung dieser Untersuchungsmethode und Aufbau eines solchen Prüfstandes müssen bestimmte Gesetzmäßigkeiten beachtet werden, auf die im Rahmen dieser Ausführungen nicht eingegangen werden kann.

(Fortsetzung folgt)

A 7803/I

geber, die einen Druck proportional der Drehzahl erzeugen. Dabei bereitet die lineare Abhängigkeit schon Schwierigkeiten, z. B. bei einer durch Taumelscheiben gesteuerten Membranpumpe, bei der der Druck quadratisch mit der Drehzahl verknüpft ist. Die Anwendung ist sicher wieder nur von Interesse hinsichtlich einer einheitlichen Technik, z. B. bei bestimmten BMSR-Anlagen.

Besser geeignet für Landmaschinenuntersuchungen sind die elektrischen Verfahren, die anschließend vorgestellt werden sollen.

### 3.3.1. Drehzahl- und Geschwindigkeitsmessungen

Sehr gut eignet sich hierfür die Ausnutzung des Induktionsgesetzes, denn die induzierte Spannung in einer Spule ist proportional der relativen Geschwindigkeit zwischen Spule und entsprechend angeordnetem Magnetfeld. Da die Wirkung der bewegten Teile aufeinander auf einen bestimmten Raum begrenzt ist, kann bei einer transversalen Bewegung nur eine oszillierende Bewegung analysiert werden, was bei Schwingungsmessungen der Fall ist und im Abschnitt 3.4. behandelt wird. Bei rotierender Bewegung ist man nicht an eine Umdrehung gebunden, wenn man das technisch gelöste Generatorprinzip verwendet. So gibt es Drehzahlmeßgeneratoren mit Kommutator, die der Drehzahl proportionale Gleichspannungen erzeugen, bei denen sich aber der Kommutator negativ auswirkt, oder Wechselspannungsgeneratoren (Außenpoltyp), bei denen sowohl die Höhe der Spannungen als auch die Frequenz der Drehzahl proportional sind. Meistens wird die Höhe der Spannungen gemessen, allerdings nach erfolgter Gleichrichtung mit erforderlicher Glättung (Bild 26a). Wegen der etwas aufwendigeren Meßmöglichkeiten für die Frequenz wird diese Information seltener genutzt, obwohl sich recht genaue Meßverfahren verwirklichen lassen. Die Frequenzanalyse benutzt man hauptsächlich für die digitale Meßtechnik, hierfür ist nicht unbedingt die Erzeugung einer harmonischen Wechselspannung erforderlich, es genügt eine Impulserzeugung mit einem oder (bei höherer Genauigkeit und Auflösung) mehreren Impulsen je Umdrehung. Es sind ähnliche oder gleiche Konstruktionen wie bei der Winkelmessung.

Eine recht einfache und für viele Fälle ausreichende Drehzahlanalyse ermöglichen auch schon Drehzahlimpulse. Die Auswertung ist zwar etwas umständlich, aber die Hilfsmittel sind sehr einfach und billig, man benötigt lediglich eine Spannungsquelle und einen Kontaktgeber. Auf dem Meßschrieb wird die Zeit zwischen den Impulsen abgelesen und daraus die Drehzahl bestimmt.

Sollen Drehzahlschwankungen analysiert oder die Beschleunigung bestimmt werden, so treten bei den bisher genannten Drehzahlgebern Schwierigkeiten auf. Die Spannungsänderung von Tachogeneratoren ist durch die Glättungseinrichtungen verzögert, desgleichen müssen bei Kommutatoren Glättungskondensatoren vorgesehen werden, so daß gleichfalls Verzögerungen oder ein Ausintegrieren auftreten. Lediglich bei einer genauen Frequenzanalyse und bei Bestimmung der Frequenzänderungen mit besonderen Schaltungen ist eine Auswertung schneller Drehzahlschwankungen möglich. Will man mit einer Impulsmeßeinrichtung Schwankungen noch während einer Umdrehung analysieren, sind natürlich entsprechend häufige Impulse zur Erzeugung einer ausreichenden Information erforderlich.

Einen Meßwertgeber mit analogem Ausgang für die Drehgeschwindigkeit stellt der Unipolargenerator dar. Das ist eine besondere Gleichstrommaschine ohne Kommutator lediglich mit einem Bürstenpaar, den Aufbau zeigt Bild 26b. Die auswertbare Spannung ist zwar recht klein (wenige mV) bei brauchbaren Abmessungen, und es treten bei höheren Drehzahlen Stromübergangsschwierigkeiten auf, aber man kann mit diesem Geber auch Drehzahlschwankungen sofort auf-

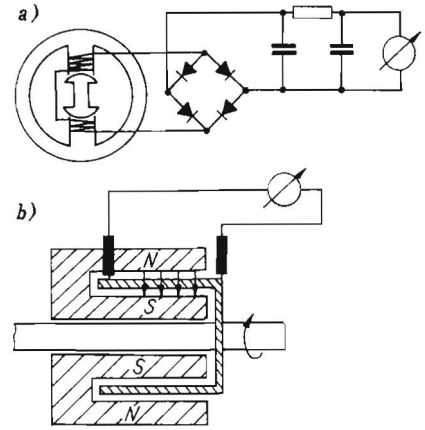


Bild 26. Drehzahlmeßeinrichtungen;  
a) Wechselspannungsgenerator mit Gleichrichter,  
b) Aufbau eines Unipolargenerators

zeichnen. Besonders günstig ist es, wenn man die bei der mittleren Drehzahl entstehende Spannung kompensiert durch Gegenschalten einer entsprechenden Gleichspannung. Derartige Geber werden auch für Landmaschinenuntersuchungen eingesetzt und wurden vom ehemaligen Landmaschineninstitut der TU Dresden in Kleinserien gefertigt.

Bei der Messung von Geschwindigkeiten über größere Strecken lassen sich die gradlinige Bewegung in eine Drehbewegung umformen und die Meßeinrichtungen für die Drehzahl bzw. -geschwindigkeitsmessung benutzen.

### 3.3.2. Beschleunigungsmessung

Den Beschleunigungsverlauf erhält man aus einem getreuen Geschwindigkeitsverlauf durch Differenzieren, was grafisch anhand des Meßschriebs oder mit besonderen elektrischen Schaltungen erfolgen kann. Weiterhin ist es möglich, die Trägheitskraft einer bekannten Masse mit den für die Kraftmessung üblichen Verfahren zu messen, daraus ergibt sich dann unmittelbar die Beschleunigungsgröße.

Da die Beanspruchung von Konstruktionsteilen der Beschleunigung proportional ist, sind derartige Messungen auch an Landmaschinen besonders interessant. Die hierfür einsetzbaren Meßeinrichtungen entsprechen z. T. denen für Schwingungsmessungen, auf die im nächsten Abschnitt noch eingegangen werden soll.

### Literatur

- [19] RECKER, W.: Gerät zur Messung kurzzeitiger Drehzahlschwankungen. Deutsche Agrartechnik 17 (1967) H. 1, S. 33

(Fortsetzung folgt)

A 7925/V

**Ihre Anzeigen**  
gestaltet die  
**DEWAG-WERBUNG**  
wirkungsvoll und überzeugend. Wir beraten Sie gern.

**EK-Anhänger 2 und 3 t**

**Julius Linke Nachf.,**  
701 Leipzig, Safoomonstr. 25 B