

Grundlagen der Meßtechnik bei Landmaschinenuntersuchungen (Teil III)¹

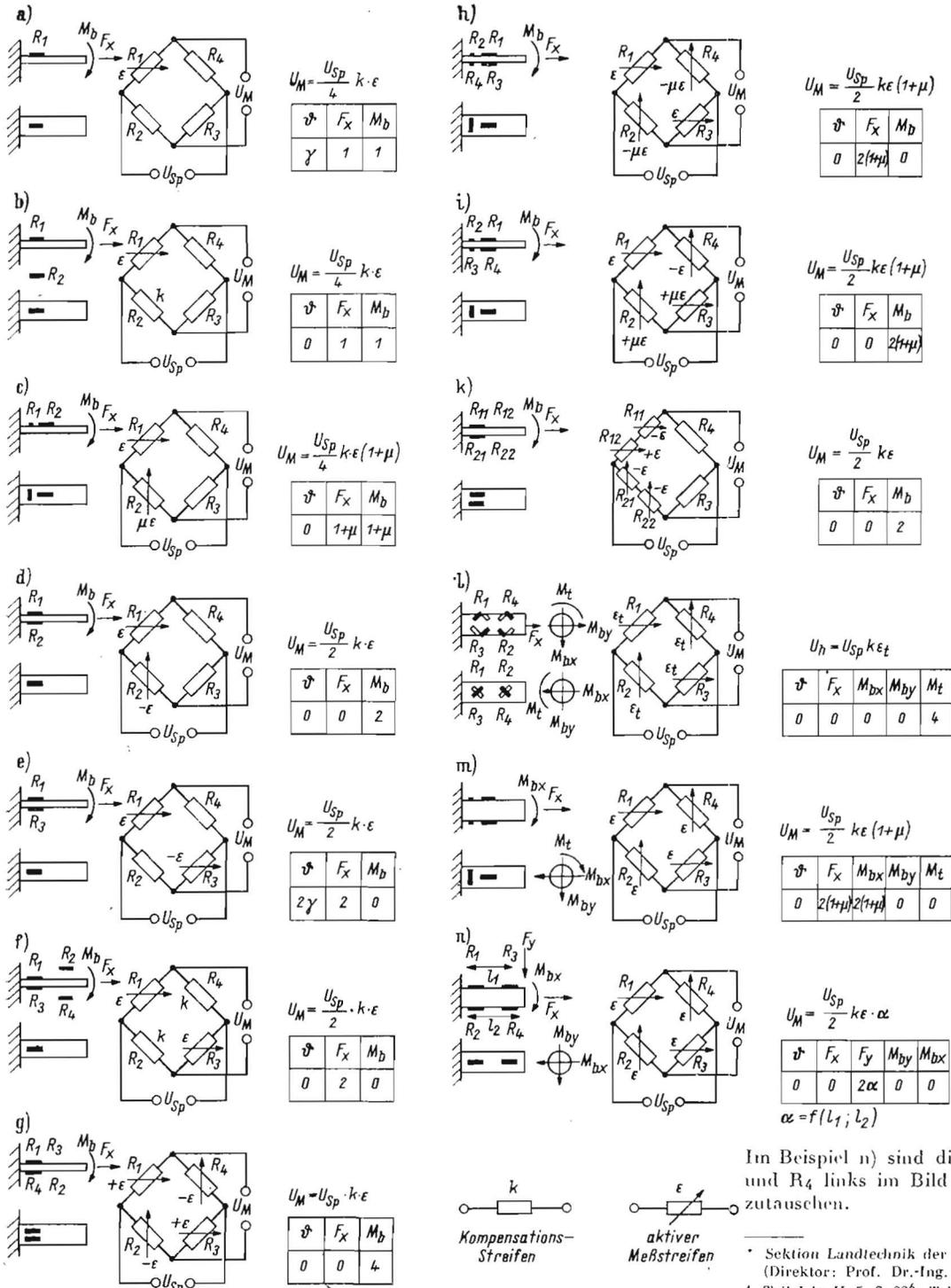
Dr.-Ing. D. TROPPENS*

3.1.1.3. Zur Kompensation von unerwünschten Einflüssen bei Anwendung der Meßstreifen

Wir wollen uns nun nochmals den Möglichkeiten für eine getrennte Messung von Komponenten beim Wirksamwerden mehrerer Komponenten an einem Konstruktionsteil zuwenden. Hierbei müssen folgende Effekte ausgenutzt werden:

- Richtwirkung der Meßstreifen;
- Richtung und Größe der Dehnungen an bestimmten Punkten von Konstruktionsteilen aufgrund der geometrischen Formgebung und der Lage der Angriffspunkte von Kräften bzw. Momenten;
- Kompensation der Auswirkung von Dehnungen als Widerstandsänderungen in bestimmten Gliedern der Brückenschaltung aufgrund deren Eigenschaften bei der Erzeugung der Meßspannung U_M .

Bild 11. Beispiele für die Anordnung von Meßstreifen zur Kompensation des Temperatureinflusses und bestimmter anderer Komponenten



Im Beispiel n) sind die Bezeichnungen R_3 und R_4 links im Bild gegeneinander auszutauschen.

* Sektion Landtechnik der Universität Rostock (Direktor: Prof. Dr.-Ing. habil. CHR. FICHLER)
¹ Teil I in H. 5, S. 223; Teil II in Heft 6, S. 291

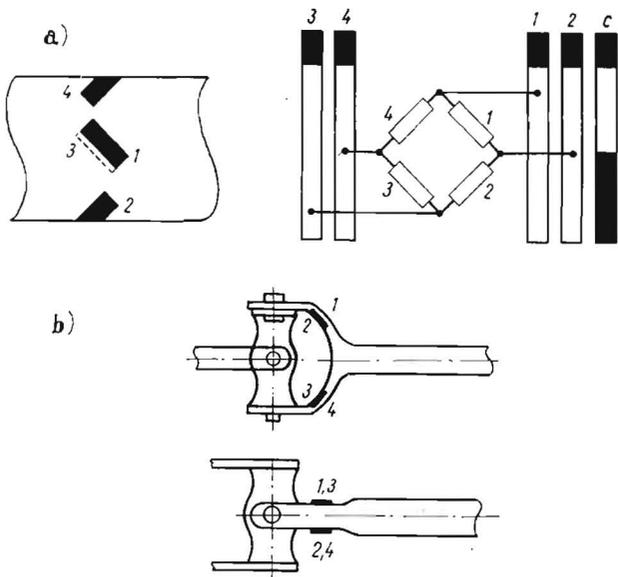


Bild 12. Anordnung von Meßstreifen zur Drehmomentmessung an umlaufenden Wellen a) Anordnung auf der Welle; b) Anordnung auf den Gabeln einer Gelenkwelle; c) Drehzahlmarkenkontakt

Einige Grundprinzipien für die Ausschaltung unerwünschter Einflüsse haben sich herauskristallisiert, die im Bild 11 zusammengestellt sind. Der Leser sollte sich deren Wirkungsweise einmal klarmachen, da sich daraus Anregungen für anderweitigen Einsatz ergeben. Die angeführten Effekte der Kompensation treten natürlich nur im Idealfall auf, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Genaues Aufkleben der Meßstreifen mit gleicher Kleberschichtdicke in gewünschter Richtung und am gewünschten Ort;
- Vernachlässigung der Querempfindlichkeit der Meßstreifen (wobei auch ein echtes Aufkleben aufgrund der Schaltung möglich ist);
- gleiche Eigenschaften der Meßstreifen (gleicher k -Faktor, gleicher Widerstand usw.);
- homogenes Material des Konstruktionsteils;
- genau eingehaltene Formgebung des Konstruktionsteils;
- gleiche Temperatur an den entscheidenden Punkten.

Abweichungen von diesen Voraussetzungen müssen bei einer Fehleranalyse berücksichtigt werden.

Wie bereits anfangs erwähnt, ist es erstens möglich, Meßwertaufnehmer, d. h. besondere Geberkörper mit aufgeklebten Meßstreifen, zur Gewinnung der gewünschten Größe zu verwenden oder zweitens die Meßgröße direkt über Meßstreifen von den Konstruktionsteilen der Maschinen abzunehmen. Die erste Methode hat insofern Vorteile, als man derartige Meßeinrichtungen entsprechend den Aufgaben gut dimensionieren kann, vor allem zur Gewährleistung der notwendigen Empfindlichkeit und Dynamik frei von unerwünschten Beeinflussungen, z. B. durch nicht zu messende Kraftkomponenten. Der Nachteil liegt darin, daß man durch das Anbringen oder Einordnen derartiger Aufnehmer die zu untersuchenden Systeme so stark beeinflußt, daß die Vorgänge verändert werden. Wenn diese Gefahr besteht, sollte man besser die zweite Methode wählen, wenn diese zum Ziel führt. Oft werden aber auch Konstruktionsteile durch entsprechende, mit Meßstreifen versehene und eventuell zur Messung etwas günstiger gestaltete ersetzt. Aber auch hierdurch kann das Systemverhalten schon gestört sein. In der zweiten Methode liegt auch noch der Nachteil, daß der Teil der Meßeinrichtungen nur einmal oder nur bei

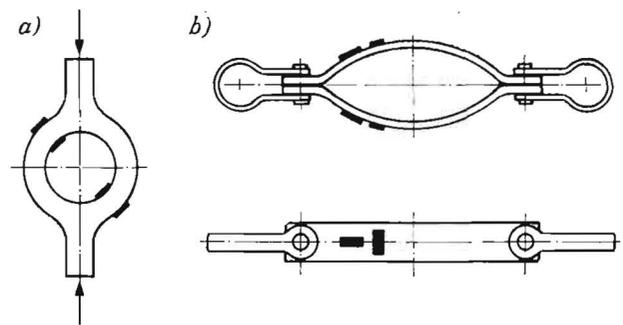


Bild 13. Anordnung von Meßstreifen auf Zug- bzw. Druckkraftmessern

diesem speziellen Maschinentyp verwendbar ist und daß die Eichung Schwierigkeiten bereiten kann, aber zumindest erst einmal erfolgen muß.

3.1.1.4. Die Messung mit Dehnungsmeßstreifen

soll nun anhand ausgeführter Schaltungen und Methoden speziell bei der Landmaschinenuntersuchung erläutert werden.

a) Drehmomentmessung an umlaufenden Wellen

Entsprechend dem im Bild 11 l gezeigten Prinzip hat man die Möglichkeit, sich durch Anbringen von Meßstreifen auf einer Welle unter 45° zur Wellenachse und bei entsprechender Versetzung um jeweils 90° oder bei Verwendung von Rosetten eine Meßwelle zu schaffen [11]. Jedoch sind hierfür 4 Schleifringe mit Bürsten für die Meßspannung und die Speisespannung erforderlich. Bei den Landmaschinen mit den bisher üblichen Drehzahlen arbeiten derartige Schleifringübertrager hinreichend zufriedenstellend. Vom ehemaligen Institut für Landmaschinentechnik der TU Dresden wurden Schleifringübertrager, Drehmomentgeber und auch Gelenkwellen mit Drehmomentmeßstellen für Landmaschinenuntersuchungen gebaut. Die Schaltung und Anbringung der Meßstreifen zeigt nochmals Bild 12. Die gewählte Schaltung und Anbringung der Streifen ermöglicht Temperaturkompensation und Ausschaltung des Einflusses von Längskräften und Biegemomenten auf die Anzeige des Torsionsmoments.

b) Zugkraftmesser (Aufnehmer für eine Kraftkomponente)

Einen Aufnehmer für Zugkraftmessungen kann man sich leicht schaffen durch Anbringen von Meßstreifen auf einem Ringkörper oder auf einem halbringförmigen Blattfederpaar (z. B. aus einem mechanischen Zug- bzw. Druckkraftmesser) an den Stellen mit größter Spannung auf dem Ring oder der Blattfeder. Hierbei treten Spannungsmaxima infolge der Einspannmomente auf. Es ist überhaupt zu empfehlen — wenn möglich —, Dehnungen infolge von entstehenden Biegemomenten auszunutzen, da dadurch eine höhere Empfindlichkeit erreicht wird. Durch eine Vollbrückenschaltung kann man eine Temperaturkompensation erreichen und den Einfluß von Einspannmomenten ausschalten (Bild 13).

Das Anbringen von Zugkraftmessern bereitet mitunter Schwierigkeiten bei Aufsattel- oder Anbaugeräten, hierzu wurden einige Methoden erprobt. Ein Beispiel zeigt Bild 14, in anderen Fällen wurden direkt auf Lenker [12] oder auf einer besonders ausgeführten Aufhängevorrichtung [13] Meßstreifen aufgeklebt und dann durch die Schaltung oder aus den gemessenen Komponenten die Größe der interessierenden Komponenten (Zugkraft, Abstützkraft) bestimmt.

c) Mehrkomponentenmeßeinrichtung

Sehr häufig greifen an Konstruktionsteilen Kräfte und Momente in verschiedenen Richtungen und Ebenen an, bzw.

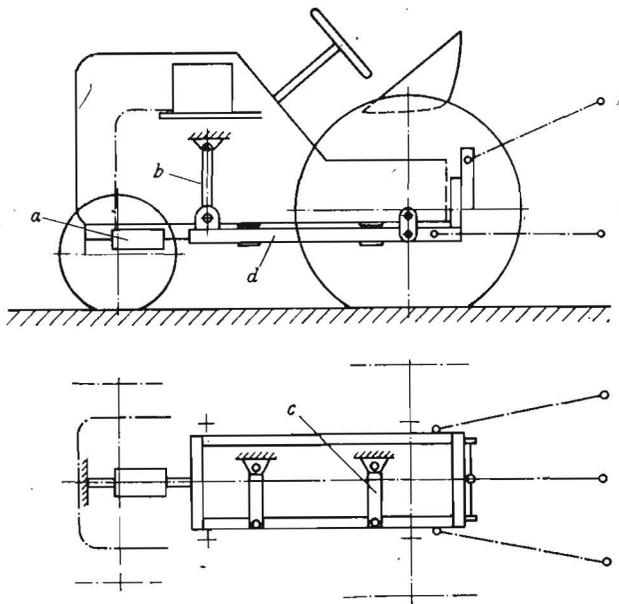


Bild 14. Möglichkeit der Zugkraftmessung zwischen Traktor und Anbaugerät; a Zugkraftmesser, b vertikaler Lenker, c horizontaler Lenker, d Rahmen

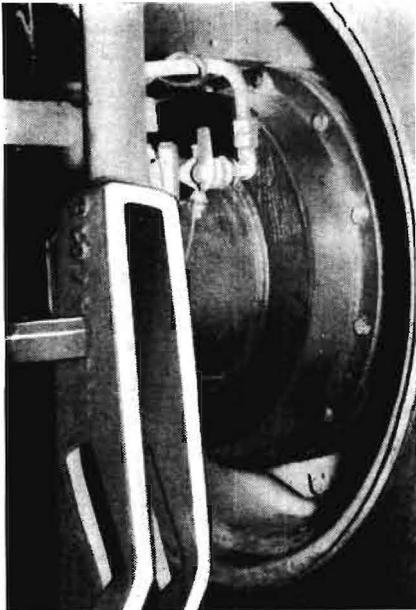


Bild 16. Sonderanfertigung eines Achstrichters für den ZT 300 bei der Messung der Hinterradlast

sie werden entsprechend abgestützt. In vielen Fällen interessieren diese Komponenten am Konstruktionsteil selbst. Hierzu hat man entsprechende Schaltungen und das Aufkleben an geeigneten Meßorten auszuwählen. Es gibt dabei sehr viele Möglichkeiten, allerdings treten auch recht unangenehme Erscheinungen auf, wenn angenommene Spannungszustände tatsächlich nicht zutreffen.

Bild 15 zeigt ein Beispiel für die Messung von Radangriffskräften bei Traktoren an der Vorderachse [14]. Durch die Differenzschaltung der entsprechenden Dehnungen ist es hier gelungen, die störenden Momente infolge der anderen Kraftkomponenten auszuschalten, so daß bei hinreichend gleichem Querschnitt und gut vermessenen Aufklebepunkten auf der Achse eine beeinflussungsfreie Messung möglich wurde. Ein ähnliches Verfahren diente zur Messung der Hinterradachslast bei der Untersuchung eines ZT 300 im Feldeinsatz [15]. Zur Durchführung der Messungen wurde jedoch hier ein be-

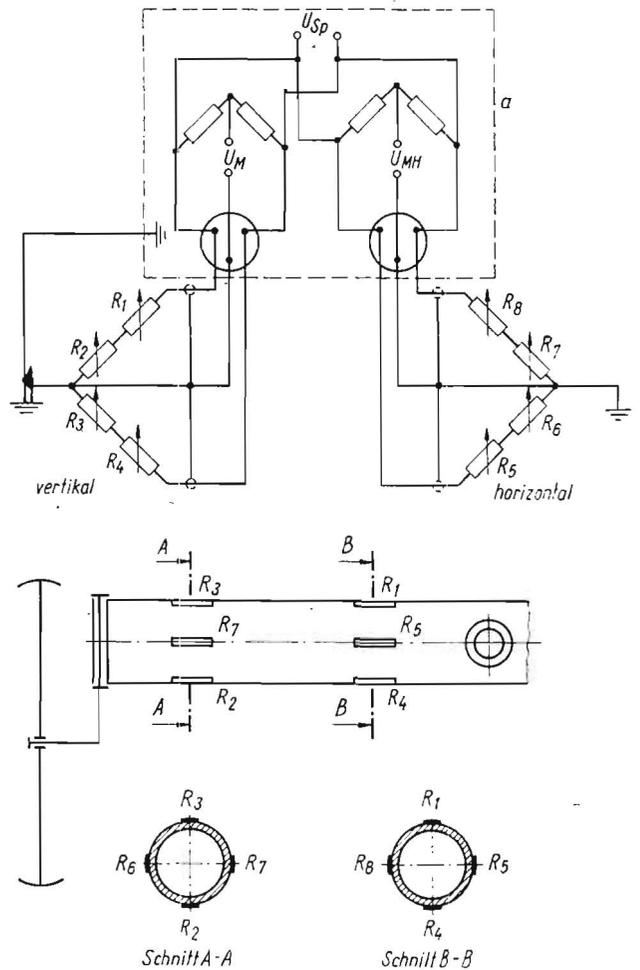
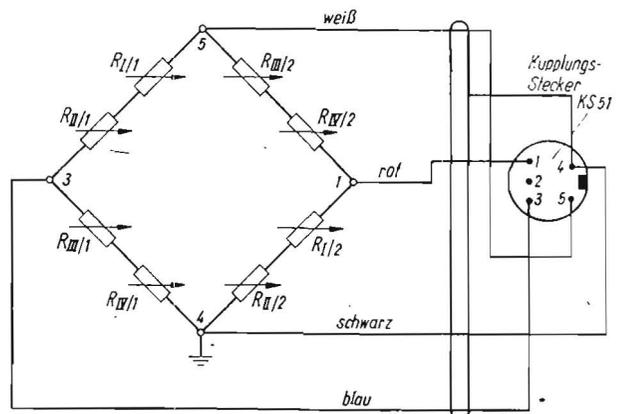
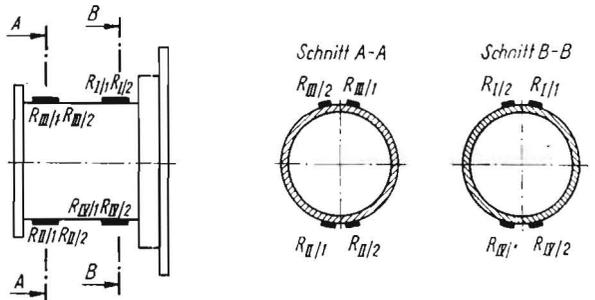


Bild 15. Anordnung und Schaltung der Meßstreifen auf der Traktovorderachse bei der Messung der Radkräfte; U_{Sp} Speisepannung, U_M und U_{MH} Meßsignalspannungen. a Dehnungsmeßgerät 4 D 3

Bild 17. Anordnung und Schaltung der Meßstreifen zur Messung der Hinterradachslast



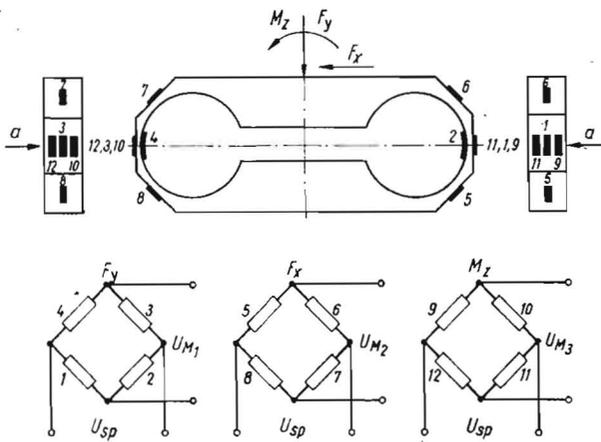


Bild 18. Anordnung und Schaltung von Meßstreifen auf einem Meßkörper für die Messung zweier Kraftkomponenten und eines Moments; a Draufsicht

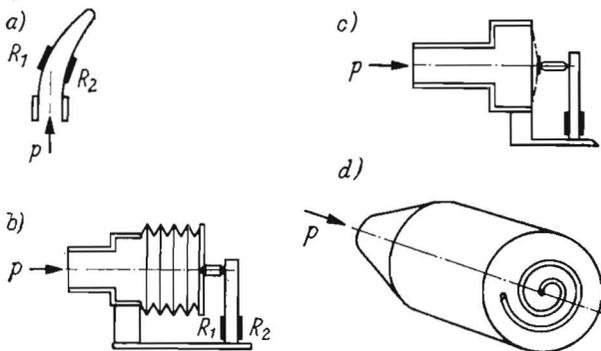


Bild 19. Möglichkeiten für Druckmeßaufnehmer mit Dehnungsmeßstreifen; a) Bourdonfeder, b) Balg mit Biegeträger, c) Membran mit Biegeträger, d) Membran mit Druckmeßstreifen (Spirale)

sonderer Achstrichter angefertigt, der in Bild 16 zu sehen ist, während Bild 17 die angewendete Schaltung zeigt.

Oft sollen die Kraftkomponenten und Momente gemessen werden, die durch bestimmte, zu analysierende oder aufzunehmende Vorgänge entstehen. So interessieren z. B. die an Bodenbearbeitungswerkzeugen entstehenden Komponenten in ihrem zeitlichen Ablauf. Hier bereitet es häufig Schwierigkeiten, die Komponenten beeinflussungsfrei an den in Frage kommenden Konstruktionsteilen selbst zu messen, wie genauere Untersuchungen bereits verwendeter Lösungen zeigten [16], [17]. Dann ist es wohl günstiger, besonders gefertigte Meßwertaufnehmer zu verwenden, die dann möglichst so einzufügen sind, daß das System nicht zu stark gestört wird oder zumindest auswertbare Aussagen gewonnen werden können. Besonders kritisch ist dabei das Erzielen aus-

reichend guter dynamischer Eigenschaften. Für Mehrkomponentenmessung am besten geeignet ist ein Ringkörper bzw. hieraus abgeleitete Aufnehmerkörper, eine anwendbare Form zeigt Bild 18. Durch die Schaltung der aufgeklebten zwölf Meßstreifen in den drei Vollbrücken gelingt es bei symmetrischem Aufbau der Konstruktion und bei gleichen Parametern der Streifen, die angezeigten zwei Kraftkomponenten und ein Moment beeinflussungsfrei zu messen. In [18] sind Einzelheiten hierüber und eine entsprechend sich ergebende Fünfkompnentenmeßeinrichtung beschrieben.

d) Druckmeßeinrichtungen

Zur Messung von Öl- und Gasdrücken lassen sich Aufnehmer leicht bauen nach den im Bild 19 dargestellten Prinzipien. Die Dimensionierung der Federelemente und Membranen bzw. die den jeweiligen Drücken entsprechenden Dehnungen an den Meßstreifen lassen sich recht gut nach den Gesetzen der technischen Mechanik berechnen. Hierbei werden Halbbrücken zur Temperaturkompensation verwendet.

Schwierigkeiten können sich ergeben bei der Schaffung dynamisch günstiger Meßfühlereinrichtungen, wenn noch sehr schnelle Druckschwankungen angezeigt werden sollen. Hier spielt das dynamische Verhalten der Druckfortpflanzung bis zur Meßstelle und auch das der mechanisch verformten Teile mit den Meßstreifen eine Rolle.

Besonders kritisch wird die Situation bei sehr kleinen Drücken, da dann die Federelemente sehr weich sein müssen, dann sind eventuell andere Meßprinzipien mit induktiven oder kapazitiven Fühlern günstiger.

Literatur

- [11] GEISTHOFF, H. / K. SCHRÖTER: Drehmoment- und Längskraftmessung an Gelenkwellen im Feldbetrieb. Landtechn. Forschung (1961), H. 2
- [12] THIEL, R.: Zugkraftmessung am Dreipunktbau des Ackererschleppers mittels elektrischer Meßmethoden, Landtechn. Forschung (1958) H. 5, S. 130 bis 133
- [13] BAADER, W.: Ein Beitrag zur Methodik der Messung des Zapfwendelmoments und der Zugkraft an Landmaschinen. Landtechn. Forschung (1957) H. 6, S. 156 bis 158
- [14] HLAWITSCHKA, E.: Beitrag zur Messung vertikaler und horizontaler Radkräfte an Traktoren beim Überrollen von Einzelhindernissen. Dissertation an der Universität Rostock 1969
- [15] VOIGT, U.: Belastungsmessungen am Traktor ZT 300 beim Pflügen und Grubbern. Großer Beleg der Sektion Landtechnik der Universität Rostock 1969
- [16] SCHLESINGER, F.: Kräftemessungen an Häufelkörpern. Archiv für Landtechnik (1956) 1. Bd., S. 147 bis 167
- [17] QUEITSCH, K.: Eine elektrische 6-Komponenten-Meßeinrichtung zur Ermittlung räumlich wirkender Kräfte an einem Bodenbearbeitungsgerät. Deutsche Agrartechnik 18 (1968) H. 3, S. 109 bis 111
- [18] PLÜTNER, K. / D. TROPPE: Ermittlung von räumlich wirkenden Kräften in der Landtechnik. Deutsche Agrartechnik (in Vorbereitung)

(Fortsetzung folgt)

A 7925/III

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

EK-Anhänger 2 und 3 t

Julius Linke Nachf.,
701 Leipzig, Salomonstr. 25 B

Achtung Pflegedienst!
Bis zu 35 % werden vom jährlichen Ölverbrauch Ihres Betriebes eingespart durch unsere
ÖL-SEPARATOREN
Zentrifugenbau Ing. G. KÖHLER
8122 Radebeul-Ost, Gartenstraße 35 Telefon: Dresden 75672