

Bild 12: Gleitlinienausbildung bei schräger Belastung: Gegenüber dem Bruchmodell des gewichtslosen Bodens a) ändert sich bei „schwerem“ Boden als Modell gemäß b) nach [10]

von vorne nach hinten linear zunehmend, die zugehörige Spannung kennen, um die Triebkraft über die Eingriffslänge integrieren zu können. Diese lange fällig gebliebene Erweiterung der Coulomb'schen Gleichung auf den ganzen Deformationsvorgang hat erstmalig M. G. BEKKER mit der An-

nahme vorgenommen, daß $\tau(j)$ nach einer Exponentialfunktion verläuft; und zwar wählte er die Funktion einer aperiodischen Schwingung, die äußerlich dem Typ der Kurve mit Buckel entspricht²⁾. Für den häufiger anzutreffenden Kurventyp ohne Buckel, d. h. mit monotonem Ansteigen der Spannung, haben später Z. JANOSI und B. HANAMOTO [18] eine einfachere Exponential-Funktion mit nur einem Parameter K (außer c und φ) vorgeschlagen:

$$\tau = (c + \sigma \cdot \tan \varphi) (1 - e^{-j/K}).$$

Hierin bedeutet j die zur Erreichung von τ jeweils nötige Deformation (Schubweg). Damit war zwar eine Fließfunktion gewonnen, doch fußte dieselbe auf dem Coulomb'schen Maximum, also auf einer Grenzbetrachtung, sozusagen von oben nach unten.

(Fortsetzung folgt)

2) Anmerkung: Über die geschichtliche Schrittfolge der Entwicklung und des Ausbaues der Eigenheiten und der Parameter-Bestimmung dieser halbempirischen Exponentialfunktion ist jüngst von berufener Seite diesseits und jenseits des großen Teiches sowie schon auf dem I. Internat. Kongreß für Geländefahrt in Turin-Saint Vincent 1961 in ausführlicher Würdigung berichtet worden [4, 15 17]

Reinhold Herpich:

Dehnungsmeßanlage für genaue Leistungsmessungen an zapfwellenbetriebenen Landmaschinen mit Hilfe von Integratoren

Bayer. Landesanstalt für Landtechnik, Weihenstephan

Angeregt durch ausländische Industrierversuche und Literaturangaben führte Prof. Dr. Dr. HUPFAUER schon 1953 als Leiter der Landesanstalt für landwirtschaftliches Maschinenwesen in Weihenstephan mit seinem damaligen Mitarbeiter, HORST SCHULZ, Zapfwellen-Drehmomentmessungen mit selbstgebauten Drehmomentgebern an verschiedenen Landmaschinen durch, insbesondere an angehängten Mähreschern. Diese Zapfwellen-Drehmomentgeber (Bild 1, links) beinhalten in ihrer Konstruktion bereits alle Bauelemente der heutigen Geber. Sie waren jedoch noch nicht so perfektioniert, wie die jetzt käuflichen Meßwellen, welche weitgehend denjenigen Bedingungen Rechnung tragen, die W. BAADER [1] 1957 für die landtechnische Forschung forderte.

Während die Diskussionen um die Erfassung des Meßwertes durch die moderne Aufnahmetechnik und die dazugehörige moderne Verstärkertechnik ruhiger wurden, also der Dehnungsmeßstreifen zum „Handwerkszeug“ geworden ist, begannen die Diskussionen [3; 4; 5; 7; 9] über die Verarbeitung der nun „sicher“ anfallenden Meßwerte. Es gibt heute schon eine ganze Reihe von Methoden der Meßwertverarbeitung,

insbesondere die recht interessanten von SÖHNE, MÖLLER und BRUER [10] und neuerdings EIMER [3], GLUTH und VOSS [5] und KROMER [8]. Bei diesen Auswertgeräten wird der Meßschieb motorisch unter einer Nachfahreinrichtung bewegt, so daß die Auswertperson nur Bewegungen in Ordinatendirection zu machen hat. Die Nachfahreinrichtung erzeugt dann ein elektrisches analoges Meßsignal, welches durch entsprechende Klassiergeräte erfaßt wird. Bei [10] wird dabei der Mittelwert des Meßschiebes und somit der Meßgröße durch einen mit der Abtastvorrichtung mitbewegten Integrator gefunden. Bei den Anlagen nach [3] und [5] wird der Mittelwert statistisch, also aus dem Klassierergebnis errechnet, Gaus'sche Verteilung vorausgesetzt. Mit diesen Anlagen kann auch durch Klassieren ein Belastungskollektiv ermittelt werden. Während nun das Belastungskollektiv jedoch hauptsächlich zu Festigkeitsanalysen und Festigkeitsberechnungen von Bauteilen herangezogen wird, dient der Mittelwert zur gegenseitigen Beurteilung von Landmaschinen oder von Teilen von Maschinensystemen, die für gleiche Aufgaben bestimmt sind, jedoch konstruktiv ganz andere Lösungen darstellen.

Aus diesem Grund müssen also über den Mittelwert oft sehr feine Unterschiede aufgedeckt werden. Nach [3] hängt bei den oben genannten Auswerteinrichtungen das Ergebnis sehr stark von der Auswertperson ab, so daß je nach Methode mit ± 1 bis 3 % bzw. ± 2 bis 6 % Fehler gerechnet werden muß. In vielen Fällen wird diese Genauigkeit völlig ausreichen. Zählt man jedoch zu diesem unkontrollierbaren Fehler noch den Fehler, der eigentlichen Meßanlage mit ca. ± 1 bis 2 %, so kann der absolute Fehler schon eine Größenordnung annehmen, die jede genauere Betrachtung einer Gegenüberstellung hinfällig macht.

Obwohl Zapfwellen-Leistungsmeßanlagen aus der Literatur bekannt sind [1; 2; 9], soll trotzdem die Dehnungsmeßanlage der Bayer. Landesanstalt für Landtechnik beschrieben werden, da diese Anlage speziell dafür ausgerüstet ist, den Leistungsbedarf über den Mittelwert der Zapfwellenbeanspruchung sehr genau zu messen, ohne daß damit eine langwie-

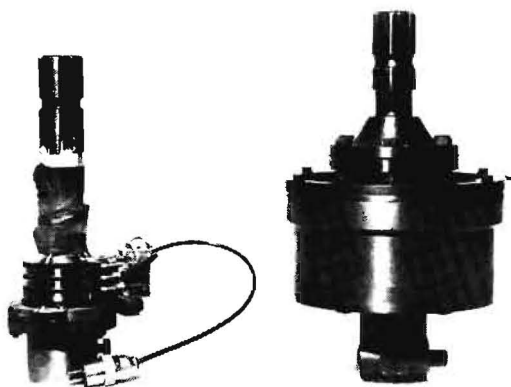


Bild 1: Zapfwellen-Drehmomentgeber. links: 1953 gebauter Geber. rechts: jetzt verwendeter Geber der Zahnradfabrik Friedrichshafen

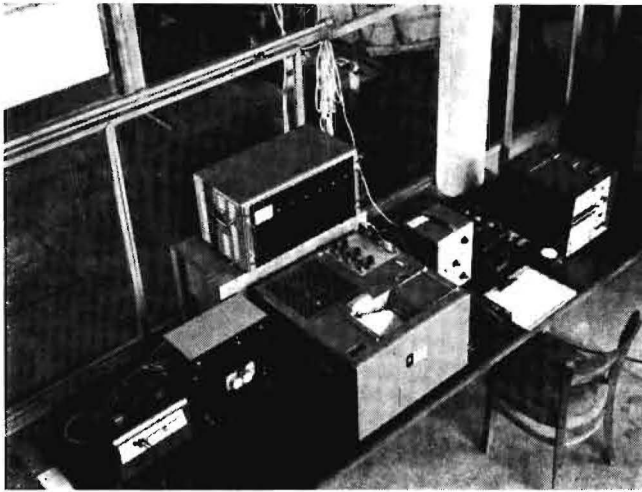


Bild 2: Im Labor stationär aufgebaute Meßanlage. Von links nach rechts folgende Geräte: Hillspannungsgeber, Integrator, Oszilloscript, Tiefpaßfilter, Galvanometerschreiber; oben: 6-Kanalträgerfrequenzverstärker



Bild 3: Blick in den Feldmeßwagen

rige manuelle Auswertung verbunden ist. Dies wird durch einen Integrator ermöglicht, der schon während der Messung direkt mit dem Meßverstärker zusammen arbeitet. Dieser Integrator wurde aus Serien-Bauelementen der Industrie in der Bayer. Landesanstalt für Landtechnik hergestellt.

1. Beschreibung der Anlage

Mit der Grundanlage können zur Zeit bis zu 9 Meßvorgänge gleichzeitig über Dehnungsmeßbrückenverstärker aufgezeichnet werden. Dabei wird je nach Meßvorhaben auf verschiedene Registriergeräte zurückgegriffen. Die Anlage kann stationär im Labor (Bild 2) und fahrbar (Bild 3) in einem Feldmeßwagen eingesetzt werden. Über den Feldmeßwagen mit seiner Energieversorgung wurde bereits an anderer Stelle [6] ausführlich berichtet. Im folgenden soll nun näher besprochen werden, wie sie speziell zur genauen Ermittlung des Leistungsbedarfes von schlepperzapfwellenbetriebenen Landmaschinen eingesetzt wird.

1.1. Prinzip der Leistungsbedarfsmessungen mit Integrator

Die gesamte Meßanlage ist in ihrem Prinzip in Bild 4 als Blockschaltung dargestellt. Dabei kommen dem Meßwertgeber (Bild 1, rechts) zwei Aufgaben zu:

1. Elektrische Signale für das Drehmoment zu liefern und
2. Elektrische Signale für die Drehzahl abzugeben.

Das Signal für das Drehmoment wird dabei durch eine Vollbrückenschaltung, bestehend aus Dehnungsmeßstreifen, hervorgerufen. Das Meßsignal für die Drehzahl wird in Form von Spannungsimpulsen in dem gleichen Meßwertgeber induktiv gewonnen. Die Dehnungsmeßstreifen stehen über die Meßleitung mit dem Trägerfrequenzverstärker in Verbindung, welcher seinerseits das analoge Meßsignal (falls erforderlich über ein Tiefpaßfilter) an ein zeitabhängiges Registriergerät weitergibt. Parallel zu dieser Registriereinrichtung wird ein auf das analoge Meßsignal des Verstärkers ansprechender Integrator betrieben. Der Integrator wird gleichzeitig über eine Stoppuhr geschaltet, so daß immer zum digital angezeigten Meßwert-Integral ein bestimmter Zeitwert (oft auch gleichzeitig die Meßzeit) zur Bestimmung des Mittelwertes, der Vorfahrt, des Durchsatzes u. a. hinzutritt. Die Drehzahlimpulse werden ebenfalls über eine Meßleitung und einen elektronischen Drehzahlmesser einem Anzeigeelement zugeführt. Die Drehzahl kann künftig aus einem später angeführten Grund auch einem Drehzahlintegrator zugeführt werden.

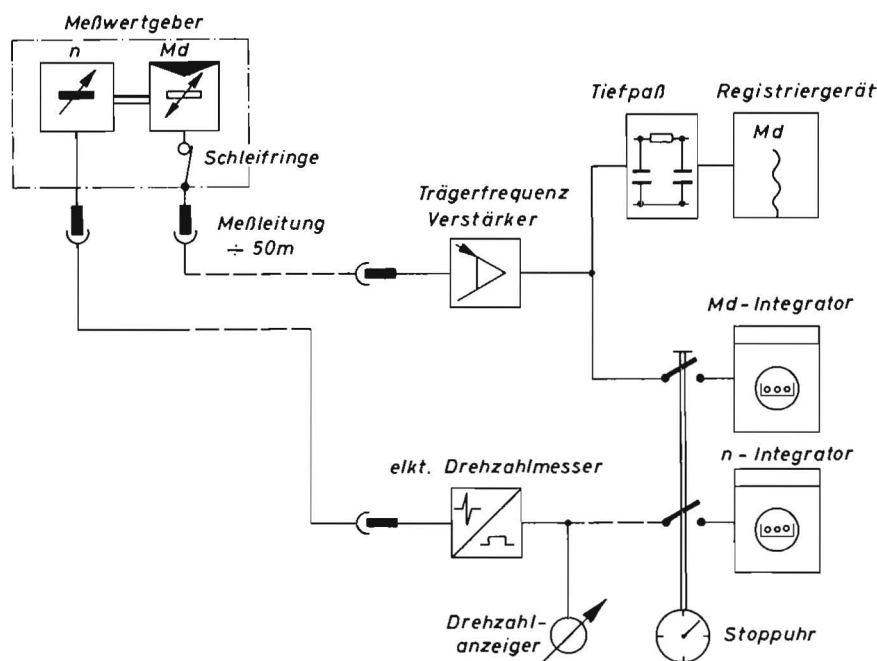


Bild 4: Blockschaltung der Leistungsbedarfsmessanlage

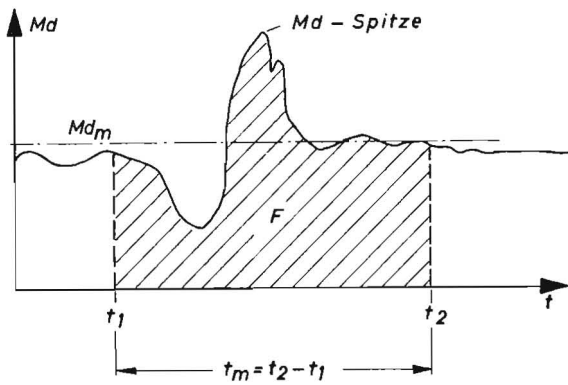


Bild 5: Die definierten Größen

1.2. Methodik der Leistungsmeßanlage

Die Meßanlage stellt also in dieser Gerätekombination folgende Angaben zur Verfügung:

1.2.1. Drehmomentverlauf in Abhängigkeit von der Zeit (Bild 5) durch das Registriergerät.

1.2.2. Das Integral oder die Fläche $F = \int_{t_1}^{t_2} M_{dl} \cdot dt$ durch den Integrator.

1.2.3. Die Meßzeit t_m durch die Stoppuhr.

1.2.4. Die Drehzahl n durch das Anzeigegerät oder künftig durch den Drehzahlintegrator.

Diese Angaben lassen sich dann zu folgenden gewünschten Größen auf einfachste Weise auswerten:

1.2.5. Zum Drehmomentenmittelwert $M_{dm} = \frac{F}{t_m}$ [mkp]

1.2.6. Zum mittleren Leistungsbedarf $N_m = \frac{M_{dm} \cdot n}{716,2}$ [PS]

1.2.7. Zu den Angaben über Spitzenwerte.

1.2.8. Zur Bestimmung der Art der Belastung.

2. Beschreibung der Einzelgeräte

2.1. Meßwertgeber

Die Vollbrückenschaltung des Meßwertgebers wurde gewählt, um den Temperaturfehler des Meßkabels und des Meßwertgebers selbst, soweit als möglich, auszuschalten; denn bei Messungen auf freiem Felde ist oft mit schnellen

Temperaturänderungen und mit hohen Temperaturen, insbesondere des der Sonnenbestrahlung ausgesetzten Meßkabels, zu rechnen. Ferner ist der durch die Schleifringe verursachte Fehler bei Verwendung der Vollbrückenschaltung kleiner. Diese Punkte sind deshalb so wichtig, weil bei der Messung des mittleren Leistungsbedarfes oft über längere Zeit gemessen werden muß, um auch die mittlere technische Leistung der Landmaschine, auf die der Leistungsbedarf bezogen wird, genau zu messen. Aufgrund der verhältnismäßig langen Meßzeiten muß also alles getan werden, um Nullpunktwanderungen zu vermeiden. Der Meßbereich geht bei diesem Meßwertgeber bis 150 mkp. In Verbindung mit dem Trägerfrequenzverstärker ergibt sich dann ein so großer Meßbereich, daß auch noch kleinste Drehmomente gemessen werden können, in Bild 6 ist das Eichdiagramm des Meßwertgebers gezeigt. Bei Kenntnis des am Verstärker eingestellten Verstärkerfaktors kann damit sofort aus der Schreibleitung bzw. Amplitude des Registriergerätes auf das Drehmoment geschlossen werden. In den größten Verstärkerstufen (50 und 100) können noch einwandfrei kleine Drehmomente erfaßt werden. Meistens werden an den Meßwertgeber Gelenkwellen angeschlossen. Ist dies der Fall, so ist darauf zu achten, daß während der Messung keine Abwinkelungen über 5° auftreten, da sonst das Meßergebnis durch den Ungleichförmigkeitsgrad der Gelenkwelle, der leicht eine Übersteuerung des Verstärkers hervorruft, verfälscht werden kann. Außerdem wird die Meßwelle Biegebeanspruchungen ausgesetzt, die ebenfalls die Messung beeinflussen oder den Meßwertgeber sogar zerstören können.

Das Signal für die Drehzahl wird aus sehr steil ansteigenden Spannungsimpulsen dargestellt. Dies wird durch 4 kleine, mit der Meßwelle rotierende, permanente Magnete erreicht, die an einer feststehenden Spule vorbeilaufen. Die Magnete indizieren so pro Umdrehung 4 Impulse.

Der von der Zahnradfabrik Friedrichshafen gebaute Meßwertgeber hat sich bei einer Vielzahl von Messungen in den letzten 3 Jahren bestens bewährt.

2.2. Verstärker und Registriergeräte

Der Trägerfrequenzverstärker ist ein transistorisierter Verstärker und bietet besonders bei der Verwendung im Meßwagen den Vorteil eines geringen Stromverbrauches. Er hat einen Spannungsausgang und einen Stromausgang, so daß er gestattet, wahlweise stromempfindliche Galvanometerschreiber oder spannungsempfindliche Oszillographen bzw. Oszilloscope anzuschließen. Für die Leistungsbedarfsmessung wird hauptsächlich mit dem Oszilloscript gearbeitet. Dieses ergibt wirtschaftliche, sofort lichtechte Registrierstreifen. Zwischen Verstärker und dem Oszilloscript ist allgemein ein Tieffaß-

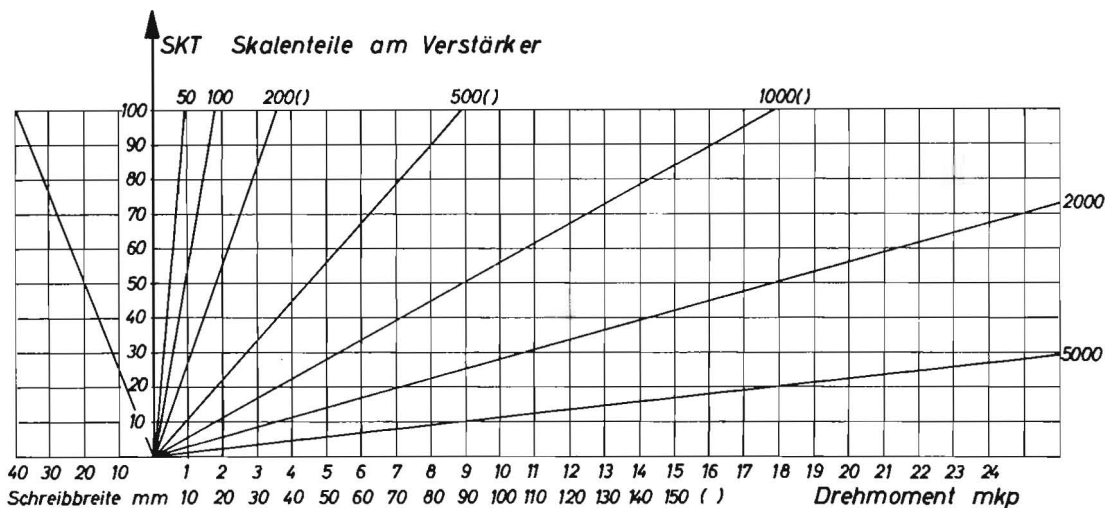


Bild 6: Eichdiagramm des Meßwertgebers

filter geschaltet. Dieser gestattet in Stufen von 120—4 Hz unerwünschte Schwingungen, herrührend von Gelenkwelle, Schleppmotor usw., zu unterdrücken. Dadurch wird es möglich, den eigentlichen Belastungsverlauf besser verfolgen bzw. leichter auswerten zu können.

2.3. Integrator

Während die oben beschriebenen Geräte bekannt sind und deshalb nur allgemein behandelt wurden, soll der Integrator näher besprochen werden. Dies ist durch die vielseitige Einsatzmöglichkeit des Integrators bei verschiedenen Meßaufgaben (nicht ausschließlich Leistungsbedarfsmessung) begründet.

2.3.1. Prinzip des Integrators

Das Kernstück des Integrators ist ein von der Firma Fernsteuergeräte Zachariä-Oelsch-Maier, Berlin, hergestellter integrierender Impulsgeber. Solche Impulsgeber setzen analog anfallende Gleichstrom- oder Gleichspannungswerte in eine proportionale Impulshäufigkeit um. Dies geschieht dadurch, daß ein durch den Meßstrom oder die Meßspannung betriebener Meßmotor eine Impulseinrichtung betätigt. Da die Drehzahl des Meßmotors streng proportional der Meßgröße folgt, ist auch die Impulshäufigkeit der Meßgröße proportional. Infolge der äußerst kleinen Leistungsaufnahme der Meßmotoren können sie direkt am Ausgang von Trägerfrequenzverstärkern angeschlossen werden. Sollte die Ausgangsleistung einmal nicht ausreichend sein, so stehen auch Meßmotoren mit eigenen Meßverstärkern zur Verfügung.

2.3.2. Typen von Impulsgebern

In Anpassung an die jeweilige Aufgabe stehen mehrere Typen von integrierenden Impulsgebern zur Verfügung:

Die Achse wirkt unmittelbar auf die Impulseinrichtung.

Der Motor wirkt über ein Untersetzungsgetriebe auf die Impulseinrichtung. Dabei werden 2 bzw. 3 Arten von Impulseinrichtungen je nach Meßvorhaben angeboten. Die Impulseinrichtung wirkt fotoelektrisch und schaltet über Transistoren einen hermetisch gekapselten Kontakt.

Bei ausreichender Untersetzung des Meßmotors wird dieser Kontakt unmittelbar mit einem permanenten Magnet geschaltet.

Ein weiterer fotoelektrisch arbeitender Typ für große Impulshäufigkeit liefert elektrische Impulse ohne Verwendung mechanischer Kontakte.

Die Wahl des integrierenden Impulsgebers hängt also gewissermaßen von der Meßaufgabe ab und erfolgt nach 2 Gesichtspunkten:

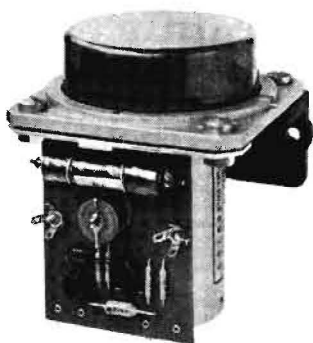


Bild 7: Ansicht des Meßmotors mit Impulseinrichtung

Tafel 1: Auszug aus der Auswahl von Meßmotoren

| Meßbereich V | Stromaufnahme bei Nennspannung mA | Meßmotor M 35s Bv | Soll-drehzahl bei Meßbereich- endwert U/min | Fehler max. % bezogen auf anliegenden Wert bei U_N | |
|-----------------|---|-------------------------|--|--|-------|
| | | | | 100 % | 10 % |
| 0 ... 1,75 | 1,5 | 225/a | | | |
| 0 ... 3,5 | 0,9 | 450/a | | ca. | ca. |
| 0 ... 7 | 0,5 | 900/a | 240 | + 0,15 | - 1,5 |
| 0 ... 14 | 0,3 | 1800/a | | | |
| 0 ... 24 | 0,2 | 3000/a | | | |

Eingang

Der Meßbereich des analogen Eingangswertes (Strom oder Spannung) bestimmt die Schaltung und die Bauvorschrift (Bewicklung und Dämpfung) des Meßmotors. So stehen im Spannungsbereich ohne eigenen Meßverstärker z. B. die Typen der Tafel 1 zur Auswahl. Aus dieser Aufstellung läßt sich auch der geringe Stromverbrauch und die hohe Genauigkeit (+ 0,15 %) ablesen die bewirken, daß diese Meßmotoren für derartige Aufgaben eingesetzt werden können.

Ausgang

Die Impulshäufigkeit wird durch die zu erfüllende Aufgabe bestimmt. So kommt es bei der Integration bzw. der Mittelwertbildung auf die Meßzeit und die erforderliche Auflösung, d. h. die Zahl der Impulse während der Meßzeit an. Dabei steht ein Impulshäufigkeitsbereich fein gestaffelt von ca. 0,5 Impulsen pro Stunde bis 1000 Hz zur Auswahl, womit sich für die verschiedenen Meßvorhaben vernünftige Integrationen durchführen lassen, so daß eine hohe Genauigkeit gewährleistet ist.

2.4. Verschaltung des Integrators

Hier wurde ein integrierender Impulsgeber (Bild 7) der Type 225/a mit einem Spannungsbereich von 0—1,75 V verwendet. Die gesamte Wirkungsweise wird durch den Schaltplan Bild 8 klar. Der Eingang (E) des Integrators ist mit einem Spannungsteiler (S) an den Spannungsausgang eines Hottinger-Trägerfrequenzverstärker KWS/6 T—5, welcher ± 2 V bei Vollausschlag abgibt, angepaßt. Der Meßmotor (M) bewegt eine Steuerscheibe (Sch) zwischen einem Lämpchen (L) und einem Fotowiderstand (F). Durch einen Transistorverstärker werden die so entstandenen Lichtschwankungen über einen hermetisch gekapselten Kontakt in elektrische Impulse umgewandelt. Die hierfür notwendigen elektrischen Leistungen werden einem Netzgerät (N) entnommen. Die so gewonnenen Impulse werden über den Schaltkontakt (K)

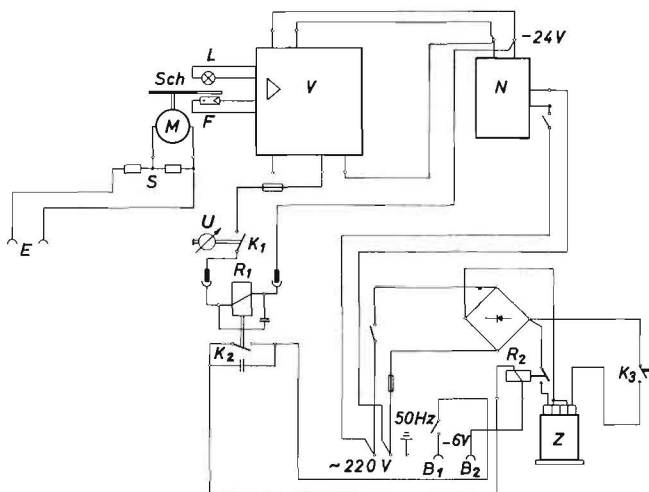


Bild 8: Schaltplan des Integrators

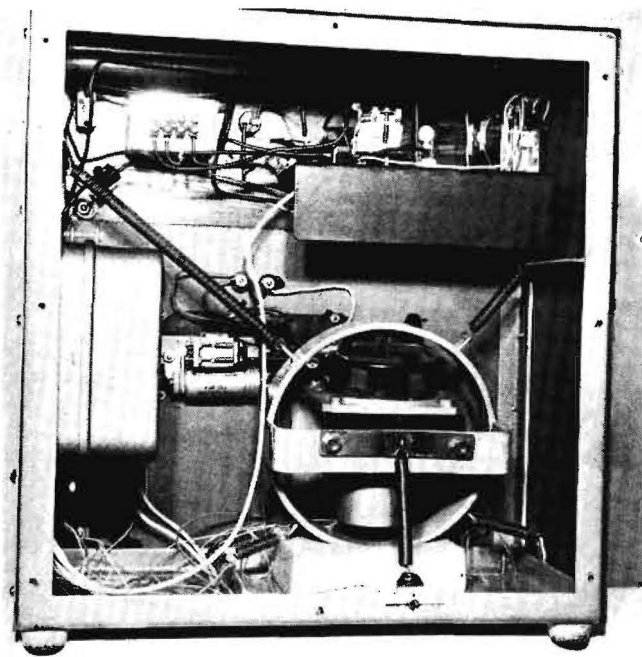


Bild 9: Blick in das Innere des Integrators

einer Stoppuhr (U) einem Relais (R 1) mit geringer Eigenleistung zugeführt. Der von R 1 bewegte Kontakt (K 2) ist nun stark genug, das für höhere Spannung ausgelegte Zählrelais (R 2) und somit den elektromechanischen Zähler (Z) zu steuern. Mit dem Kontakt (K 3) eines Tasters kann der Zähler auf 0 getastet werden. An den Buchsen B 1 und B 2 ist dabei eine Hilfsspannung erforderlich. Die technische Verwirklichung dieser Schaltung ist auf dem Bild 9, welches den Integrator von hinten geöffnet zeigt, zu sehen. Ein Integrator dieser Selbstbauweise ist trotz hoher Genauigkeit ein sehr preiswertes Gerät (z. Zt. ca. DM 1 000,—) und macht sich wegen der vereinfachten Auswertarbeit schnell bezahlt.

2.5. Eichung des Integrators

Die Gerätekonstante des Integrators wird durch eine einfache Eichung gefunden, d.h. es wird festgestellt, wieviel Impulse pro Minute für 10 %, 20 % bis 100 % Vollausschlag am Verstärker gefunden werden. Da ein völlig linearer Zusammenhang infolge der hohen Genauigkeit des Meßmotors besteht, kann auf eine Darstellung des Eichdiagramms verzichtet werden und es folgt mit

$$a = \text{Impulse/min} \quad (\text{l/min})$$

$$c = \text{Gerätekonstante}$$

SKT = Skalenteile am Instrument des Verstärkers

A = Gesamtimpulse bei einer Messung

t_m = Meßzeit (min)

$$a = c \cdot \text{SKT} \quad (\text{l/min}) \quad (1)$$

$$\text{und: } a = \frac{A}{t_m} \quad (\text{l/min}) \quad (2)$$

Den mittleren Skalenwert SKT_m erhält man dann durch (1) = (2)

$$\text{SKT}_m = \frac{A}{t_m \cdot c} \quad (3)$$

2.6. Temperaturfehler

Der Temperaturfehler aller integrierenden Impulsgeber ist positiv, d.h. mit steigender Temperatur erhöht sich bei gleichbleibendem Eingangswert die Drehgeschwindigkeit des als Integrator arbeitenden Meßmotors. Er beträgt bei Spannungsintegratoren zwischen +0,1 und +0,2 % pro 10°C. Zur Kompensation des Temperaturkoeffizienten stehen spezielle Kompensationsverfahren zur Verfügung, die eine

Verbesserung um den Faktor 2—4 in einem großen Temperaturbereich ermöglichen. Diese Maßnahmen werden jedoch nur in ganz besonderen Fällen notwendig werden.

2.7. Fehler im Anlaufbereich

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist, ist bei Arbeiten unter 10 % der Nennspannung ein größerer Fehler vorhanden. Durch zusätzliche Schaltungsmaßnahmen kann dieser Fehler im Anlaufbereich weitgehend reduziert werden. Dies wird jedoch in den meisten Fällen, insbesondere bei der Verwendung an Trägerfrequenzverstärker nicht notwendig sein, da meistens doch mit weit über 10 % Ausschlag gerechnet werden kann [11].

2.8. Drehzahlmesser

Der Drehzahlmesser erfaßt die ihm zugeleiteten Spannungsimpulse und differenziert sie zu Nadelimpulsen. Die Nadelimpulse sind auf einen monostabilen Multivibrator geschaltet, welcher an seinem Ausgang drehzahlproportionale Einheitsimpulse zur Verfügung stellt. Die Einheitsimpulse bewirken dann an einem entsprechend empfindlichen Voltmeter eine Drehzahl-analoge Anzeige. Da beim Betrieb von bestimmten Landmaschinen trotz Schlepper-PS-Reserve Drehzahlchwankungen auftreten, die die Leistungsbedarfsmessung erheblich verfälschen können, ist eine Integrierschaltung geplant und bereits in Arbeit, die die anfallenden Einheitsimpulse des Drehzahlmessers summiert, so daß wiederum mit Hilfe der Meßzeit die mittlere Drehzahl errechnet werden kann. Im Prinzip arbeitet dieser Drehzahlintegrator wie folgt:

Ein Schrittmotor, der bei Ansteuerung mit den Einheitsimpulsen bei jedem Impuls eine bestimmte Winkeldrehung durchführt, ist gekoppelt mit einem Rollenzählwerk. Werden also die Impulse für eine bestimmte Zeit gezählt, kann leicht die mittlere Drehzahl bestimmt werden. Schrittmotoren dieser Art mit der dazugehörigen Elektronik sind sehr preiswert und von der einschlägigen Industrie erhältlich.

3. Zusammenfassung

Nach einem kurzen Hinweis auf verschiedene Auswertanlagen wird eine Dehnungsmeßanlage beschrieben, die sowohl fahrbar in einem Feldmeßwagen oder stationär auf einem Prüfstand eingesetzt werden kann. Die Verwendung dieser Anlage zur genauen Leistungsbedarfsmessung wird näher erläutert, wobei eine Integrationsmethode vorgeschlagen und ausführlich behandelt wird, die für viele Zwecke ohne langwierige manuelle Auswertarbeit sehr genaue Meßergebnisse liefert.

Schrifttum

- [1] BAADER, W.: „Ein Beitrag zur Methodik der Messung des Zapfwellen-drehmomentes und der Zugkraft an Landmaschinen“ LTF (1957), H. 6, S. 156—158
- [2] DOLLING, C.: „Der Leistungsbedarf von Mähdreschern“ Dissertation: Fakultät für Maschinenwesen der TH Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig
- [3] EIMER, M.: „Eine mechanisch-elektronische Auswertanlage zum zweiparametrischen Klassieren von Belastungsaufzeichnungen, Teil II“, LTF 16 (1966), H. 4, S. 139—143
- [4] FAHR, W.: „Wirtschaftliche Bedeutung und Möglichkeit einer verkürzten Erprobungszeit bei Landmaschinen“ LTF 13 (1963) H. 6, S. 180—183
- [5] GLUTH, M., VOSS, H.: „Vergleichende Betrachtungen zum Leistungsbedarf von Feldhäckslern“ LTF 16 (1966), H. 5, S. 172—177
- [6] HERPPICH, R.: „Meßwagen unter besonderer Berücksichtigung der Stromversorgung“ LTF 15 (1965), H. 3, S. 84—87
- [7] KAHR, M.: „Die Auslegung von Landmaschinenbauteilen nach Lastkollektiven“ LTF 13 (1963), H. 6, S. 171—179
- [8] KROMER, K.-H.: Unveröffentlichtes Manuskript Weihenstephan 1965
- [9] SCHRÖTER, K., GEISTHOFF, H.: „Drehmomenten- und Längskraftmessungen an Gelenkwellen im Feldbetrieb“ LTF 11 (1961), H. 2, S. 33—36
- [10] SÖHNE, W., MÖLLER, R., BRUER, R.: „Geräte und Meßeinrichtung zur Durchführung und Auswertung von Pflugversuchen“ LTF 12 (1962), H. 2, S. 44—47
- [11] Alle Angaben über den integrierenden Impulsgeber wurden einer Druckschrift der Firma Fernsieurgeräte ZACHARIÄ-OELSCH-MAIER in Berlin 47, entnommen

Résumé

Reinhold Herppich: "Strain-Measuring Devices for Exact Power-Measuring Instruments at P. T. O. Driven Farm Machines by Means of Integrators"

After referring briefly to various evaluation devices, a strain-measuring equipment is described which can be used both in a field-measuring cart and on a stationary test stand. The application of this equipment for the exact measurement of the power requirement is fully explained. In this connection an integration method is suggested and dealt with in detail which furnishes very exact results for many purposes without time-consuming manual evaluations.

Reinhold Herppich: „Dispositif de mesure d'allongement pour les appareils destinés à la mesure précise de la puissance absorbée par les machines agricoles entraînées par la prise de force en ayant recours aux intégrateurs“
Après un rappel bref des différents dispositifs de dépouille-

ment, l'auteur décrit un dispositif de mesure d'allongement qui peut être utilisé sur un véhicule de mesure ou sur un banc d'essai fixe. L'auteur décrit en outre le mode d'utilisation permettant la mesure précise de l'absorption de puissance et il propose une méthode d'intégration expliquée de façon approfondie et qui fournit pour des buts multiples des résultats de mesure très précis sans exiger un dépouillement manuel ennuyeux.

Reinhold Herppich: „Equipos medidores de la dilatación dotados de integradores para plantas exactas determinadoras del rendimiento en máquinas agrícolas impulsadas por ejes motrices“
Tras aludir brevemente a diversas plantas evaluadoras, se describe un equipo de medición de la dilatación, el cual puede ser empleado tanto en forma móvil en un vehículo agrimensor como estacionariamente en un banco de puebas. Se describe más detalladamente la utilización de tal equipo para la exacta medición del rendimiento necesario, a cuyo efecto se propone y trata extensamente un método de integración que suministra, para muchas finalidades, resultados de medición muy exactos sin molesto trabajo manual de evaluación.

Sverker Persson:

Die günstigsten Kombinationen der Faktoren beim Windsortieren, eine mathematische Studie

Institut für Landtechnik der landw. Hochschule Uppsala, Uppsala, Schweden.

Windsortierung

Die Windsortierung wird in Verbindung mit Sieben und anderen Einrichtungen u. a. für die Reinigung in Mäh-dreschern verwendet [4; 5]. Versuche haben aber gezeigt, daß es zumindestens labormäßig möglich ist, eine genügend gute Reinigung allein mit Windsortierung zu bekommen. Dies kann mit dem Bild 1 erläutert werden, das die Trennung eines Dreschgutes (ohne Langstroh) nur mit Wind zeigt.

Die größten Mengen sind reines Getreide oder reines Kaff und nur ein kleiner Rest erfordert ein nochmaliges Sortieren nach anderen Prinzipien. Die im Bild 1 dargestellte Trennung wurde aber mit einem Steigsichter gemacht, was ein wiederholtes Behandeln des Gutes erforderlich macht und deswegen für praktische Zwecke mindestens in Mäh-dreschern ungeeignet ist. Bessere Methoden des Windsortierens, die ein einmaliges Sortieren erlauben, müssen gefunden werden. Dabei scheint zuerst ein mathematisches Studium des Sortiervorganges wegen der Zahl der einwirkenden Faktoren empfehlenswert zu sein.

Das Schwebevermögen und die Bewegungsgleichungen

Das Windsortieren geschieht nach der Größe der Einflüsse der Luftkräfte auf die Partikel in einem Luftstrom. Nach BLENK [1] ist die Luftkraft

$$W = 1/2 \rho k A v_{rel}^n \quad (1)$$

wobei

ρ = Luftdichte

k = eine Form eines Luftwiderstandskoeffizienten

A = Fläche des Partikels senkrecht zur relativen Luftgeschwindigkeit

v_{rel} = relative Geschwindigkeit zwischen Luft und Partikel

n = Exponent zwischen 1 und 2 (einschließlich der Grenzen)

Wegen der Schrägstellung und der Rotation der Partikel wirkt W nicht immer in dieselbe Richtung wie v_{rel} und ist außerdem nicht konstant. Eine ausführliche Diskussion hierüber und auch über die Gültigkeit und Bedeutung der Gleichung (1) wird an einer anderen Stelle erscheinen [6].

Die Beschleunigung a der Partikel in Richtung von W wird

$$a = \frac{1/2 \rho k A v_{rel}^n}{m} \quad \text{oder} \quad a = g (V v_{rel})^n \quad (2)$$

wobei

$$V = \sqrt[n]{\frac{\rho k A}{2 m g}} \quad (3)$$

Es bedeuten hierbei

m = Masse der Partikel

g = Erdbeschleunigung

Die Bewegungsgleichung (2) enthält alle drei Partikelgrößen m , A und k in einer Größe V zusammengefaßt, die der Verfasser „Schwebevermögen“ nennt. Das Schwebevermögen ist deswegen ein eindeutiges Maß der Eigenschaft, nach der das Windsortieren geschieht. Andere Größen, wie z. B. Schwere, Dichte oder Widerstandsbeiwert der Partikel sind nicht solche eindeutigen Maße. Das Schwebevermögen wird in s/m ausgedrückt.

Das Schwebevermögen ist für ein „leichtes“ Partikel hoch und für ein „schweres“ Partikel niedrig. Es ist gleich dem invertierten Wert der Endgeschwindigkeit bei freiem Fall.

Eine ausführliche Diskussion des Schwebevermögens und u. a. dessen Variation mit der Zeit wird später erscheinen [6].