

Zur Messung der Boden Härte wird das Gerät an der Kette mit der Hand so hoch gehalten, daß sich seine Spitze 1 m über dem Boden befindet. Das Gerät wird dann fallen gelassen und die Eindringtiefe gemessen. Die Messung soll etwa zehnmal wiederholt werden. Der so erhaltene Mittelwert in cm ergibt den Wert der Boden Härte: Dringt das Gerät z. B. 20 cm tief ein, so ist die Boden Härte 20. Stößt das Gerät auf besondere Widerstände im Boden, zum Beispiel Steine, so darf diese Messung natürlich nicht gewertet werden.

Es ist interessant, daß die Japaner zur Kennzeichnung des Bodens bei Zugkraftmessungen eine Wertzahl angeben. Auch in amerikanischen Berichten sind kennzeichnende Wertzahlen für den Boden zu finden (z. B. in dem Bericht „Performance Improvement in Track-Type-Tractors“ von M. G.

Bekker in Agricultural Engineering, Oktober 1958). Die englische landtechnische Forschung befaßt sich ebenfalls stark mit den Problemen der Bodenmechanik im Hinblick auf die Kennzeichnung des Bodens. P. C. I. Payne kritisiert in Farm Mechanization 1956, daß allein die Landwirtschaftstechnik noch keinen Nutzen aus den Beiträgen gezogen hätte, welche die Wissenschaft über das mechanische Verhalten des Bodens gegeben habe. Es bahnt sich hier eine Entwicklung an, die eine sehr empfindliche Lücke bei technischen Messungen auf dem Acker schließen könnte: Die Kennzeichnung eines Ackerbodens durch Werte der Bodenmechanik, um zu einer Vergleichsgrundlage zu kommen.

Obering, F. Kliefoth



Abb. 5: Boden Härteprüfer

Résumé:

Prof. Dr.-Ing. S. Masuda, Dipl.-Ing. R. Takeuchi und Dipl.-Ing. I. Nishimura: „Ein Meßwagen für Einachs-schlepper.“

Die Verfasser beschreiben einen selbstgebauten Meßwagen, mit dem die Beziehungen der Zugkraft und des Schlupfes bei Einachs-schleppern ermittelt werden sollen. Die Zugkraft, die Umdrehungen des Triebrades sowie die Zeiten werden mit einem selbstschreibenden Instrument erfaßt. Einige Versuchsergebnisse werden in den Abbildungen 2 bis 4 dargestellt. Zum Schluß wird der verwendete Boden Härte-Prüfer erklärt.

Prof. Dr. S. Masuda, Dipl.-Ing. R. Takeuchi und Dipl.-Ing. I. Nishimura: „A Measuring and Recording Vehicle for Garden Tractors.“

The Authors describe a special vehicle designed by themselves for the purpose of ascertaining the relationship between tractive effort and slip of garden tractors. Tractive effort, revolutions of the driving wheel as well as the times when these factors are measured are recorded on a special recording instrument. Some results of experiments are given in Figures 2 to 4. The article concludes with a description of a ground hardness testing instrument.

Prof. Dr. S. Masuda, Dipl.-Ing. R. Takeuchi et Dipl.-Ing. I. Nishimura: «Un chariot dynamométrique pour motoculteurs.»

Les auteurs décrivent un chariot dynamométrique construit par eux-mêmes à l'aide duquel on veut déterminer les relations entre l'effort de traction et le glissement dans les motoculteurs. L'effort de traction, la vitesse de rotation de la roue motrice ainsi que les temps sont relevés à l'aide d'un appareil enregistreur. Les figures 2 à 4 reproduisent quelques résultats d'essai. Enfin, on décrit l'appareil qui a servi à mesurer la dureté du sol.

Dr. S. Masuda, catadrático, Ing. dipl. R. Takeuchi e Ing. dipl. I. Nishimura: «Un vehículo de medición para tractores monoeje.»

Los autores describen un vehículo de medición de su propia construcción, con el cual pueden investigarse las relaciones entre el esfuerzo de tracción y el deslizamiento en tractores monoeje. Se establecen con él esfuerzo de tracción, las rotaciones de la rueda de propulsión, así como los tiempos, por medio de un instrumento autorregistrador. Se presentan algunos resultados de los ensayos hechos en los grabados 2 a 4. Al final se explica el comprobador de la dureza del terreno que se ha empleado.

Dipl.-Ing. H. H. Coenenberg:

Zählverfahren für raue Einsatzbedingungen

Institut für Schlepperforschung Braunschweig-Völkenrode

Am Schluß einer Fahrzeug- oder Landmaschinenentwicklung, wie im vorliegenden Fall der eines Ackerschleppers, stehen meistens umfangreiche Einsatzversuche unter harten und schwierigen Arbeitsbedingungen. Aus ihnen soll neben der Eignung und Bewährung der Konstruktion auch ersichtlich werden, ob der Schlepper den landwirtschaftlichen Beanspruchungen gewachsen ist. Auf dem Acker oder im Gelände kann die Variationsbreite der Einsatzbedingungen aber außerordentlich groß und vielfältig sein, weil zu den Unterschieden in der Verwendung eines Ackerschleppers noch die vielen Zufälligkeiten der Wetter-, Boden- und Bestandsverhältnisse hinzukommen [1]. Für Einsatzversuche sind deshalb objektive Maßstäbe wichtig, wobei auch eine Zuordnung zu auf anderen Wegen gewonnenen Meßergebnissen ermöglicht werden sollte.

Wird eine solche Aufgabe gestellt, so sind zunächst die prinzipiellen Meß- und Registriermöglichkeiten auf ihre Eignung für den Anwendungsfall im Zusammenhang mit den für die Registrierung auszuwählenden Meßwerten zu untersuchen.

Analoges und digitales Messen

Man kann einen Meßwert sowohl analog, durch Aufzeichnen seines Verlaufs, als auch digital, durch klassenweise Registrierung über Zählwerke erfassen. Beim Aufzeichnen bleiben Einzelheiten des Verlaufs ersichtlich, während klassenweises Erfassen über Zählwerke zwar sofort die Häufigkeits-

verteilung des Meßwertes anzeigt, aber nichts mehr über den Verlauf aussagt. Bei der Versuchsauswertung interessiert vielfach der Verlauf selbst zwar nicht mehr; jedoch kann ein einziger Schrieb außer dem Verlauf auch mehrere digital getrennt zu erfassende Größen enthalten.

Aus diesen Gründen sollte man bei der auch im vorliegenden Fall unvermeidbaren Registrierung mehrerer oder vieler Größen und Werte beide Möglichkeiten nebeneinander anzuwenden versuchen.

Stufung der Registriermöglichkeiten

Unter den harten und schwierigen Arbeitsbedingungen beim Versuchseinsatz eines Ackerschleppers muß damit gerechnet werden, daß auch recht robuste und erschütterungsunempfindliche Registriergeräte ausfallen können [2]. Daneben wird aber für manche Arbeiten und Einsätze auch nicht die vollständige Registrierung aller Meßgrößen benötigt. Deshalb empfiehlt sich eine stufenweise Verfeinerung der Erfassung interessierender Werte, damit bei Ausfall oder Abschalten des einen oder anderen Gerätes noch jeweils hinreichende Beurteilungsmöglichkeiten für den Versuchserfolg verbleiben. Dann braucht der Schlepper nicht schon wegen irgendwelcher kleiner Störungen aus dem Versuch zurückgezogen zu werden.

Deshalb wurden die Registriermöglichkeiten in der nachstehenden Reihenfolge gestaffelt:

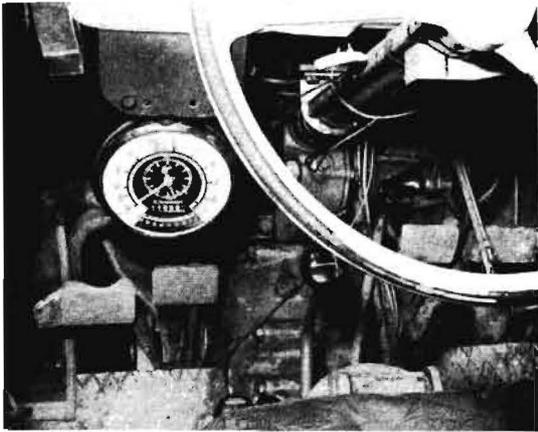


Abb. 1: Anordnung eines Fahrtschreibers am Schlepper

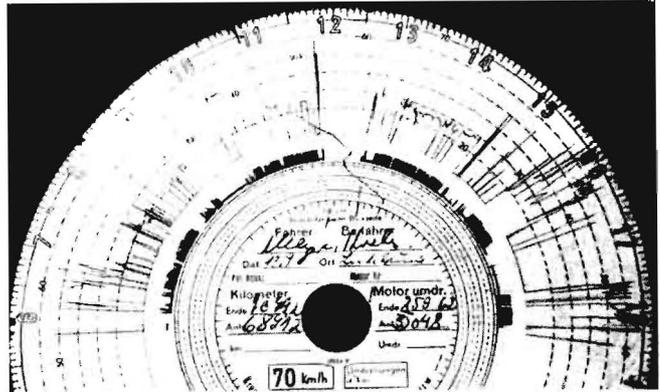


Abb. 2: Tachogramblatt von Feldarbeiten (Leerfahrt, Pflügen, Scheibeneggen, Transport)

1. Allgemeine und übliche Aufschreibung der äußeren Arbeitsbedingungen und -zeiten sowie des Arbeitserfolges, zum Beispiel der Flächenleistung, mit gefühlsmäßiger Beurteilung der „Schwere“ der Arbeit im Schleppertagebuch; dabei können auch allgemeine technische Einzelheiten des Versuchsablaufs (z. B. Kraftstoffverbrauch für gewisse Arbeitsabschnitte nach Tankpeilung, durchschnittliche Motordrehzahl und gewählter Gang) vermerkt werden.
2. Ergänzung der unter 1. genannten Aufschreibungen durch Aufzeichnung der Motorlauf-, Fahr- und Haltezeiten, des Verlaufs von Geschwindigkeit (schlupflos), Motordrehzahl, sowie des zurückgelegten Weges (schlupflos) bei gleichzeitiger Zählung der zurückgelegten Kilometer (schlupflos) und der Motorumdrehungen durch einen Tachographen (Abb. 1 und 2); daneben können die Kuppel- und Bremsvorgänge oder die Betätigungen des Krafthebers und dergleichen über mechanische Zählwerke sowie der Kraftstoffverbrauch über einen Verbrauchszähler gezählt werden.
3. Ergänzungen der Aufschreibungen zu 1. und der Registrierungen zu 2. durch Erfassen des Verlaufs oder der Häufigkeitsverteilung weiterer interessierender Meßwerte. Deren Auswahl kann, je nach Versuchsinteresse, sehr verschieden sein; die Untersuchung und gegebenenfalls Entwicklung hierfür geeigneter Registrierverfahren sind Gegenstand der folgenden Ausführungen.

Bei den zu 1. genannten einfachen Feststellungen ist nur der in größeren Zeitabständen durch Tankpeilung (relativ ungenau) zu ermittelnde Kraftstoffverbrauch ein Maß für die Motorbelastung und damit für die Belastung des Schleppers [3]. Mit einem Kraftstoffverbrauchszähler und dem Tachographen lassen sich genauer und für kürzere Zeitabstände Durchschnittswerte der Motorbelastung ermitteln. Aus den Drehzahl- und Geschwindigkeitsaufzeichnungen des Fahrtschreibers kann bei Feldarbeiten vielfach aus kurzem und vorübergehendem Absinken der Drehzahl auch das Erreichen oder Überschreiten der Vollast des Motors ersehen werden. Aus Zählungen der Kuppelvorgänge oder der Kraftheber- beziehungsweise Laderbetätigungen wird die Zahl der „Arbeitsspiele“ ersichtlich. Die mit der zu 2. genannten Ausstattung gegebenen Registriermöglichkeiten übertreffen damit die bisher übliche Form der einfachen Aufschreibungen nach 1. schon erheblich. Genauere Feststellungen würden aber schwierig sein.

Zur Auswahl der zu 3. angedeuteten Registriermöglichkeiten ergibt sich dabei noch folgende Situation:

Die heute durch Dehnungsmeßstreifen oder induktive Geber mögliche elektronische Erfassung von Kräften, Drehmomenten und dergleichen an unveränderten Fahrzeugbauteilen erfordert entweder das Mitfahren der hochempfindlichen Meßverstärker, Oszillographen oder elektronischen Zählapparaturen auf dem Schlepper oder ihre Unterbringung in einem Begleitfahrzeug mit Verbindung über Kabelstränge. Diese Meßverfahren und ihre Geräte dürfen hier wohl als

bekannt vorausgesetzt werden. Zum Mitführen auf dem Schlepper selbst sind nur wenige Konstruktionen von Meßverstärkern und Oszillographen geeignet [4]. Wegen ungenügender Nullpunkt Konstanz sind allgemein aber auch nur Kurzzeitmessungen möglich. Für stichprobenartige Messungen während eines längeren Versuchseinsatzes können sie wertvoll sein, sofern die Geberanordnung den Dauerbetrieb verträgt; das erfordert aber Sonderausführungen, deren Einbau oft schwierig wird.

Zur direkten Erfassung der Triebwerksbelastung wurde auch ein Meßverfahren mit drahtloser Meßwertübertragung entwickelt, das gleichzeitig die für Langzeitmessungen erforderliche Nullpunkt Konstanz durch Entwicklung eines besonderen Gebers besitzt [5]. Der erforderliche apparative Aufwand ist aber recht erheblich, so daß die Anwendung nur in einzelnen Fällen ratsam sein dürfte.

Möglicherweise lassen sich derartige elektronische Meßverfahren in einigen Jahren auch bei rauen Betriebsbedingungen verwenden; heute scheiden sie aber für Langzeitmessungen im allgemeinen noch aus.

Lediglich einfache Schreib- oder Zählgeräte mit mechanischer Betätigung wie beispielsweise die Fahrtschreiber [6] sind heute hinreichend geeignet. In manchen Fällen werden Zugkraftmessungen auch schon genügend Aufschluß geben können. Die dafür zweckmäßigen mechanischen und hydraulischen Meßgeräte sind bekannt. Daneben wurde auch die Entwicklung eines Arbeitszählers bekannt, mit dem die Zugarbeit eines Schleppers in guter Näherung festgestellt werden kann [6]. Für die vorliegende Aufgabe der Langzeitmessungen bei vielseitigem Schleppereinsatz können derartige Geräte aber nur einen von mehreren interessierenden Werten erfassen. Zudem erfordern sie zum Teil auch wesentliche Änderungen am Schlepper. Das einfache Zählen von Betätigungen oder dergleichen über elektrische Schalter und Zählwerke erwies sich dagegen schon als robust und zuverlässig genug [7].

An Stelle der empfindlichen elektronischen Meßwertübertragung muß die einfache elektrische mit Impuls-Signalen wie bei [5] treten. Dabei hat das letztere Verfahren den Vorteil, daß es bei der Übertragung von Impulsen nur darauf ankommt, daß Spannung und Impulsdauer für die gewünschte Betätigung ausreichen.

Allgemein gelten dabei als Anforderungen für die Registriermöglichkeiten sowie die Auswahl der Meßgrößen neben den erwähnten noch folgende Überlegungen:

Die Registriergeräte müssen am Schlepper verbleiben können und zumindest einige hundert Stunden wartungs- und störungsfrei arbeiten. Ferner sollte die Bedienung der Geräte durch den Schlepperfahrer nach kurzer Einweisung und ohne Behinderung der Arbeiten möglich sein. Die dabei unvermeidliche Beschränkung auf gewisse, einfach abzugreifende Meßgrößen sollte aber dennoch eine hinreichend gesicherte Auswertbarkeit der Meßfahrten ermöglichen. Schließlich sollten Entwicklung und Bau von Gebern und Registriergeräten unter weitgehender Verwendung handelsüblicher Teile ohne

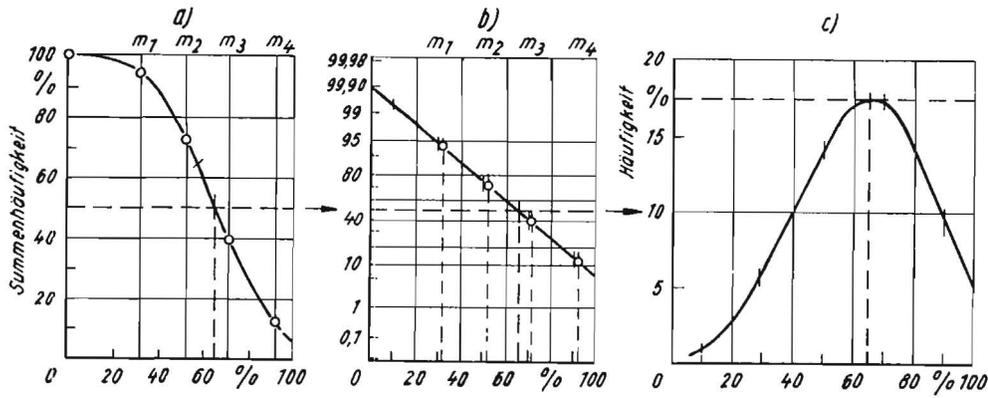


Abb. 3: Summenhäufigkeitsverteilung (bei 5 Klassen) in kartesischen Koordinaten (a), im Wahrscheinlichkeitsnetz (b), sowie zugeordnete Häufigkeitsverteilung (c) des gleichen Zählergebnisses (Scheibengrenzen)

großen Kosten- und Zeitaufwand, notfalls in der eigenen Werkstatt, möglich sein. Hierbei muß auch rechtzeitig die Eichbarkeit der Geber und deren einfache Nachprüfung während der Versuche berücksichtigt werden.

Zur Registrierung durch Zählwerke

Bei der Registrierung durch Zählwerke sind zwei Möglichkeiten zu unterscheiden:

1. Einfache Summierung von Einzelvorgängen oder Betätigungen; bei klassenweiser Einteilung eines Meßwertes werden dann jeweils die Klassenüberschreitungen gezählt (das Absinken auf niedrigere Klassen wird im allgemeinen unterdrückt) [8].
2. Ermittlung der „Einschaltdauer“ irgendwelcher Baugruppen oder dergleichen durch Abtasten der entsprechenden Geber oder Werte in rhythmisch gleichen Zeitabständen mit Spannungsimpulsen; bei klassenweiser Einteilung eines Meßwertes kann hierbei die Häufigkeit in der jeweiligen Klasse zur Häufigkeitsverteilung aufsummiert werden (Abb. 3) [5].

Für die zu 1. genannte Summierung von Einzelvorgängen oder Bestätigungen würden schon einfache mechanische Zählwerke genügen; diese haben sich auch durchaus bewährt. Beim Registrieren mehrerer Größen empfiehlt sich aber die elektrische Übertragung von geeigneten Schaltern zu einer zusammengefaßten Zählwerksgruppe. Beispiele seien die Zählung der Kuppelvorgänge, Bremsungen und dergleichen. Die zu 1. ferner erwähnte Summierung von Klassenüberschreitungen eines Meßwertes ist auch von Kontakt-Dehnungsmeßgeräten her bekannt und hat sich vielfach bewährt [8].

Für das zu 2. genannte Abtasten von Gebern in rhythmisch gleichen Zeitabständen durch Spannungsimpulse muß die Abtastzeit selbst so kurz sein, daß sich während des Impulses der Meßwert noch nicht ändern und eine weitere Klasse zum Ansprechen bringen kann. Die zulässige Impulsdauer hängt damit von den Schwankungen des Meßwertes und ihrer Frequenz ab. Bei einem gleichmäßig ablaufenden Vorgang, etwa dem Pflügen, wird bei genügender Meßpunktzahl auf diese Weise die Häufigkeitsverteilung des Vorgangs einschließlich der vorkommenden Belastungsmaxima und -minima wiedergegeben. Das Verfahren ähnelt damit der näherungsweise Integration eines Kurvenzuges bei entsprechender Intervall- oder Summationsbreite [9].

Beim Anwenden eines solchen Zählverfahrens darf die Zählfrequenz den zulässigen Höchstwert der Zählwerke nicht überschreiten, während andererseits eine jeweils ausreichende statistische Häufigkeit im Versuch erzielt werden muß. Dabei kann die Mindest-Meßpunktzahl, von der ab die tatsächliche Verteilung hinreichend genau ersichtlich wird, sehr verschieden sein. Sie hängt auch weitgehend von der Klassenzahl bzw. der Klassenbreite, in die ein Meßwert eingeteilt wird, ab. Je kleiner die Klassenzahl, um so größer muß die Meßpunktzahl werden, damit jede Klasse ihrem tatsächlichen Häufigkeitsanteil entsprechend besetzt wird. So genügen bei den von Gerlach [5] benutzten zwölf Klassen zum Erkennen einer Normalverteilung schon 2000 bis 3000 Meßpunkte, während bei nur fünf Klassen unter vergleichbaren

Bedingungen zum Teil 10 000 bis 15 000 Meßpunkte erforderlich wurden. Daher empfiehlt sich eine stufenweise Schaltbarkeit des Zeitabstandes zwischen zwei Impulsen. So lassen sich 5 Impulse je Sekunde — das sind 300 je Minute oder 18 000 je Stunde — noch mühelos und fehlerfrei erzielen. Weniger als etwa 60 Impulse je Minute (3600 je Stunde) sind aber kaum noch sinnvoll, weil dann für das Erkennen der Verteilung mehrere Stunden benötigt werden, wobei sich die äußeren Versuchsbedingungen schon ändern können.

Zum Erfassen der Häufigkeitsverteilung der Motor- und Getriebebelastung

Die direkte Messung des Drehmoments der Kupplungswelle wurde für die Registrierung bei Einsatzversuchen außer Betracht gelassen. Statt dessen wurde die Motorbelastung über

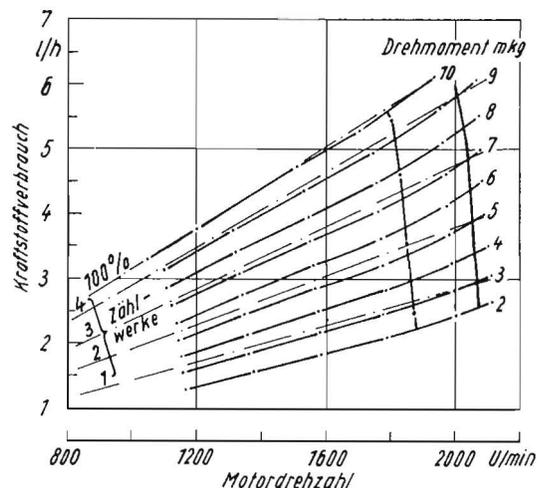


Abb. 4: Drehmoment und Kraftstoffförderung eines Dieselmotors in Abhängigkeit von der Drehzahl (für die Zählapparatur eingestellte Klassengrenzen sowie Regelgrenzen für 1800 und 2000 U/min angedeutet).

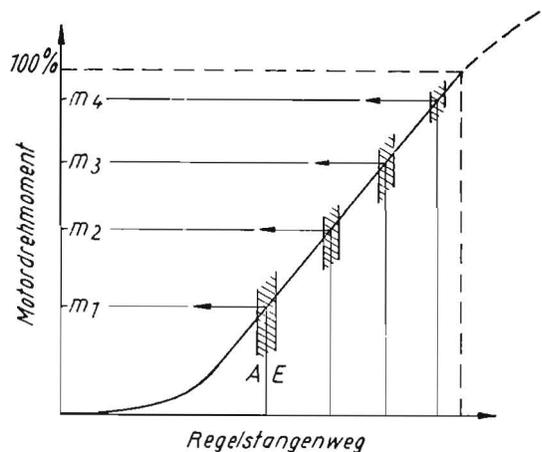


Abb. 5: Drehmoment eines Dieselmotors als Funktion der Regelstangenstellung (Klassengrenzen nach Abb. 4 angedeutet; E = Einschalt-punkt; A = Ausschalt-punkt; 100 % = 12 mm Regelstangenweg)

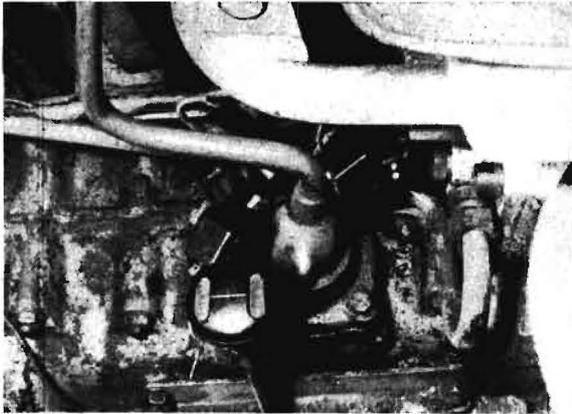


Abb. 6: Stopplichtschalter-Anordnung am Schalthebel

die von der Regelstange angezeigte Einspritzmenge des Dieselmotors erfaßt. Vielfach ist dieser Weg, wie sich aus den Kennfeldern ableiten läßt, durchaus zulässig, weil die Einspritzmenge je Umdrehung über der Drehzahl bei konstantem Drehmoment annähernd konstant bleibt (Abb. 4 und 5). Bei näherer Betrachtung ist leicht einzusehen, daß diese Abhängigkeit zwar nicht für irgendeinen Augenblick, jedoch für „stationäre“ Zustände oder hinreichend lange Zeitschnitte bei annähernd konstanter Motordrehzahl gilt, weil dann die Leistungsaufnahme oder -abgabe des Schwungrades herausfällt.

Diese Zuordnung gilt bei strenger Untersuchung nur für einen gewissen Drehzahl- und Lastbereich, sofern auch noch die Hilfsantriebe am Motor bei der Eichung mit berücksichtigt wurden und die entsprechende Belastung haben. Die zusätzliche Leistungsaufnahme einer Kraftheerpumpe kann zwar kurzzeitig 4 bis 5 PS betragen; diese Abweichungen fallen aber bei den meisten Arbeitsbedingungen gegen die übrige dauernde Belastung nicht ins Gewicht.

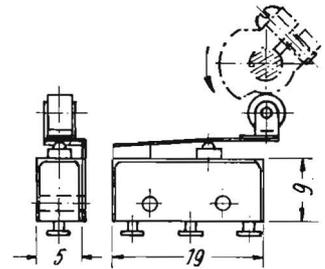
Bei Leistungsabgabe über die Zapfwelle können die Leerlaufbelastung durch das Gerät und die Leerfahrtbelastung in Vorversuchen nacheinander registriert werden, so daß für die Arbeit die Leistungsverzweigung hinreichend bestimmt werden kann.

Zur Auswahl der Bauelemente

Bei der bisherigen Diskussion der Registriermöglichkeiten wurde vorausgesetzt, daß jeweils geeignete Bauteile und Baugruppen für derartige Registriergeräte verfügbar sind. Ganz allgemein nimmt bei den erwähnten elektromechanischen Schaltern, Zählwerken und dergleichen mit Abmessungen, Gewicht und geforderter Ansprechempfindlichkeit auch die Erschütterungsempfindlichkeit zu. Durch die Entwicklungen in den letzten Jahren wurden aber ohne Verringerung der Leistungsfähigkeit die Abmessungen und Gewichte der Schalter so reduziert, daß sie auch bei hoher Ansprechempfindlichkeit durch heftige Erschütterungen noch nicht beeinflußt werden.

So wurden neben den aus der Kraftfahrzeug-Elektrik bekannten tropfwassergeschützten oder „wasserdichten“ Stopplichtschaltern (Abb. 6) Mikroschalter (Abb. 7) mit gutem Erfolg verwendet. Die heute lieferbaren winzigen Ausführungen haben einen Arbeits- und einen Ruhestromkontakt, so daß neben der eigentlichen Funktion, dem Schalten von Zählwerken oder Anzeigelampen, auch gleichzeitig Kontrollämpchen geschaltet werden können. Bei der Verwendung solcher Schalter ist aber zu berücksichtigen, daß als Folge des inneren Aufbaues eine Wegdifferenz zwischen Ein- und Ausschaltkontakt vorhanden ist. An der in Abbildung 7 mit dem Schalter zusammen gezeigten Rollenbetätigung mußte nach eben erreichtem Einschalten eine vertikale Ausschaltbewegung von etwa 0,2 mm an der Rolle zugestanden werden, bevor abgeschaltet wurde. Die Ein- und Ausschaltkontakte selbst lagen aber mit einer erstaunlichen Genauigkeit fest. Bei keiner Kontrollmessung an den

Abb. 7: Seiten- und Stirn-Ansicht eines der benutzten Mikroschalter (Volumen = 1 cm³)



Rollenbetätigungen mittels Vorrichtung und Meßuhr konnten mehr als einige tausendstel Millimeter Unterschied festgestellt werden. Mit der Wegdifferenz beim „Knipsvorgang“ ist auch ein Kraftunterschied von mindestens 10 g verbunden. Dadurch kann bei auftretenden Vibrationen die Rollenbetätigung als Feder wirksam werden und „flackernde“ Kontaktabgabe im allgemeinen vermeiden. Schalter dieses Typs können bei 24 Volt Gleichspannung noch bis zu 4 A belastet werden, bei Wechselfspannung noch höher. Solche Belastungen werden im vorliegenden Fall aber bei weitem nicht erreicht, so daß eine genügende Reserve gegen mangelnde Funkenlöschung beim Schalten verfügbar bleibt.

Neben den bekannten und bewährten mechanischen Zählwerken konnten elektrische, sogenannte „Ankerzahl-Zähler“, ausgewählt werden, bei denen in keinem Fall Doppelzählungen oder Störungen als Folge von Erschütterungen auftraten. Für 12 V Betriebsspannung vorgesehene Zähler arbeiteten noch bei 6 V einwandfrei. Beim Zusammenschalten von Zählwerksgruppen wurden dadurch aber Dioden vor manchen Zählwerken erforderlich, um deren unerwünschtes Ansprechen durch die Selbstinduktion anderer Zählwerke (auf irgendwelchen Schaltungsumwegen) zu unterdrücken (Abb. 9).

Zur Entwicklung von Baugruppen

Bei der Entwicklung eines Impulsgebers zur Erzeugung von Spannungsimpulsen in rhythmisch gleichen Zeitabständen erwies sich die zunächst versuchte Anordnung eines robusten Uhrwerks mit einem feinen Schaltkontakt und nachgeschaltetem „gepoltem“ Relais als nicht genügend betriebssicher. Ebenso mußten andere Impulsgeber-Bauarten wegen mangelnder Robustheit, Feuchttempflichkeit und dergleichen verworfen werden. Stattdessen wurde ein einfacher Scheibenwischermotor mit einem Schaltknocken auf seiner Welle verwendet, der einen Mikroschalter betätigte (Abb. 8). Dieser lieferte nach einer Warmlaufzeit von etwa zehn Minuten eine hinreichend konstante Impulszahl (rund 100 Impulse/min). Auch bei späteren Kontrollen blieben die Abweichungen unter $\pm 4\%$. Die Impulsdauer wurde unter etwa $\frac{1}{10}$ Sekunde gehalten und war damit im vorliegenden Fall schon kurz genug.

Die zunächst für erforderlich gehaltene vielstufige Regelbarkeit der Impulsfrequenz, durch Kombination eines um-

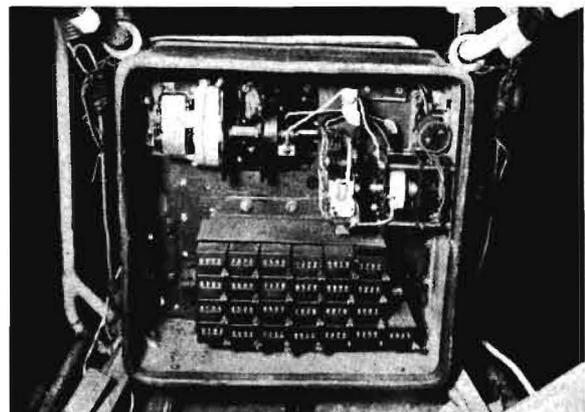


Abb. 8: Vorderansicht des Versuchszählgerätes; oben Impulsgeber, Schaltelemente und Wählschalter, unten 25 Zählwerke

gebauten Telefonvorwählers mit einem vielstufigen Schalter erzielt, erwies sich als überflüssig. Es dürfte in ähnlichen Fällen ausreichen, lediglich mehrere Schalter vor einem oder mehreren Nocken der Welle des Wischermotors anzuordnen, um den interessierenden Bereich von 50 bis 200 oder 300 Impulsen/min in drei oder vier Stufen über einen Wählschalter erhalten zu können. Höhere Impulszahlen lassen sich durch ein Zahnrad geeigneter Form und Zähnezahl in Verbindung mit einem Unterbrecherkontakt (wie bei Ottomotoren) erreichen. Daneben wäre auch eine motordrehzahlabhängige Impuls-gabe denkbar, aus der bei Registrieren der Motorbelastung auf die Häufigkeitsverteilung der Leistung geschlossen werden könnte, wobei allerdings weitere Unsicherheiten hinzukommen.

Zum Abgreifen des Regelstangenweges und dessen Unterteilung in mehrere Klassen wurde ein Geberkasten entwickelt. In diesem werden von einer „Schaltwalze“, die über einen Mitnehmerhebel von der Regelstange aus betätigt wird, einstellbar angeordnete Mikroschalter in klassenweiser Reihenfolge ein- oder ausgeschaltet (Abb. 7 und 9). Um

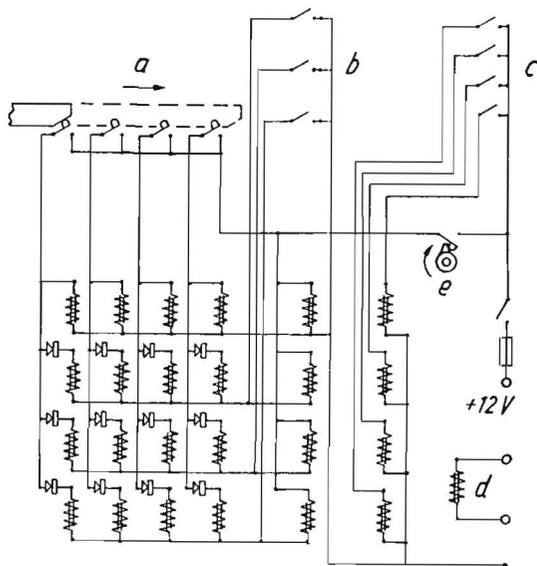


Abb. 9: Prinzipschaltung des Versuchszählgeräts; a = Schalter-Gruppe für Regelstangenweg, b = Schalter-Gruppe für jeweiligen Gang (Schalter in Minusleitung), c = Schalter-Gruppe für Einzelzählungen, d = fremdbetriebliches Zählwerk, e = Impulsgeber

die Summenhäufigkeitsverteilung zu erhalten, muß dabei der erste Schalter beim Einschalten des zweiten und der weiteren eingeschaltet bleiben und so fort, so daß die Klassen unter der gezählten mitgezählt werden. Durch Vorspannen der Tragfedern der Rollenbetätigungen gegen die in den Schaltern befindlichen Rückdrückfedern sowie durch flachen Rampenanstieg an der Schaltwalze konnten die Tangentialkräfte an dieser schon klein genug gehalten werden. Durch eine weitere kleine Ausgleichfeder konnten die von dem Einspritzpumpenregler zusätzlich aufzubringenden Stellkräfte für den Geberkasten auf weniger als ± 15 g reduziert werden. Bei Vorversuchen war auch bei schlechterem Kraftausgleich noch kein nachteiliger Einfluß auf das feinfühliges Arbeiten des Reglers festzustellen.

Das praktisch ungestörte „Spielen“ des Reglers bei ausreichender Genauigkeit dieser Geberanordnung (Abb. 4 und 5) sowie ihre Unempfindlichkeit gegen Temperaturschwankungen und Vibrationen ließen sich bei Prüfstandläufen des Motors feststellen. Demnach hätten an Stelle der verwendeten vier auch noch fünf oder sechs Schalter angeordnet werden können.

Die Wegdifferenz an der Regelstange zwischen Ein- und Ausschaltkontakt der einzelnen Schalter betrug bei dem gewählten Anstieg der Schaltnocken 0,35 bis 0,45 mm. Damit waren die Klassengrenzen nicht „scharf“ definiert. Aus

Wahrscheinlichkeitsüberlegungen läßt sich aber folgern, daß die tatsächlichen Klassengrenzen als Mittelwert zwischen Ein- und Ausschaltkontakt anzusetzen sind (Abb. 5).

Erfahrungen mit dem Versuchsgerät

Nach den vorstehenden Überlegungen wurde ein Versuchszählgerät gebaut. Der Impulsgeber und 25 Zählwerke wurden mit allem Zubehör in einem reichlich bemessenen Kasten gut zugänglich untergebracht. Dieser wurde in einem Rohrrahmen gefedert aufgehängt und konnte mühelos auf einem Triebbradschutzblech eines Schleppers befestigt werden (Abb. 8).

Die Prinzipschaltung zeigt Abbildung 9. Neben einer Zählergruppe (c) für direkte Summierung von Einzelvorgängen, zum Beispiel der Kupplungsbetätigungen, sowie einer für gesonderte Impuls-gabe (d), zum Beispiel durch einen Kraftstoffverbrauchszähler, gibt ein Zählwerk die Gesamtzahl der Impulse des Impulsgebers an. Eine Gruppe von vier Zählwerken (a) wurde für die Registrierung der Gesamthäufigkeitsverteilung der Motorbelastung vorgesehen. Mit weiteren 3×4 Zählwerken kann die Motorbelastung für drei Gänge getrennt erfaßt werden.

Zum Ein- und Abschalten des Gerätes diente ein gesonderter Kippschalter am Armaturenbrett des Schleppers. Ein Schauzeichen zur Kontrolle der Impuls-gabe gestattete es, die gewählte Impulsfrequenz auch auf ihre Eignung für den vorgesehenen Versuch zu beurteilen.

Erst nach sorgfältiger Leitungsverlegung und -festlegung, Ersatz von Kabel-Klemmverbindungen durch Lötung und dergleichen war jede Anfälligkeit gegen Erschütterungen, Feuchte und so weiter beseitigt. Hierzu war es auch erforderlich, an Stelle des üblichen Anklemmens entsprechender Leitungen „an Masse“ gesonderte Rückleitungen zur Batterie zu legen, um mehrfach aufgetretenen Kontaktmängeln vorzubeugen. Die Notwendigkeit derartiger Sorgfalt vermag besser als Zahlenwerte allein die rauen Betriebsbedingungen zu veranschaulichen, denen der Schlepper und das Zählgerät im Versuch über mehrere hundert Stunden ausgesetzt waren.

Nach den Betriebserfahrungen mit dem Gerät empfiehlt es sich aber, in ähnlichen Fällen ein solches Gerät möglichst klein zu bauen und einfach in einer Schaumstoff-Polsterung anzuordnen, etwa über dem Armaturenbrett des Schleppers, damit es den Fahrer bei der Arbeit nicht behindert. Steckverbindungen zu Geberschaltern und -schaltkästen sollten durch Verwendung hinreichend langer Verbindungskabel vermieden und ausschließlich Kabel mit sehr widerstandsfähiger Kunststoffummüllung verwendet werden.

Durch die Ausstattung des Schleppers mit dem besprochenen Zählgerät und einem Tachographen war die gleichzeitige Erfassung vieler interessierender Werte in einem Versuchseinsatz möglich. Sie entsprach damit der vorn erwähnten dritten Ausstattungsstufe. Bei dem anfänglich häufigen Ausfall des Zählgeräts genügte die zweite Ausstattungsstufe für die Weiterführung der Arbeiten. Hierzu sei der Hinweis gestattet, daß der Tachograph trotz einfacher Aufhängung in Gummielementen (Abb. 1) inzwischen etwa 2000 Arbeitsstunden störungsfrei registriert hat.

Es erwies sich als wichtig, für die Aufschreibung der Zähl-ergebnisse und anderer Versuchsdaten Formblätter in geeigneter Aufgliederung auszuarbeiten, damit Irrtümer bei den Aufschreibungen weitgehend ausgeschaltet werden können.

Zur Auswertung der Zählergebnisse

Die Häufigkeit direkt gezählter Vorgänge ist aus den Zählergebnissen sofort ersichtlich. Dagegen sind die über einen Impulsgeber zeitlich abgetasteten Werte auf die Zahl der Gesamtpulse zu beziehen, um deren jeweilige „Einschalt-dauer“ beim Versuch zu erhalten; so kann beispielsweise die eines Ganges in Prozent der Versuchsdauer oder durch Beziehen auf diese auch in Stunden und Minuten ersehen werden.

Zum Erhalt von Häufigkeitsverteilungen [10], etwa der Motorbelastung, wird die Auswertung sehr einfach, wenn, wie hier, aus den Zählungen gleich die Summenhäufigkeitsverteilung des betreffenden Vorganges hervorgeht. Dann sind die Zählergebnisse der einzelnen Klassen nur in Prozent der Gesamtzählung oder gegebenenfalls der Einschaltdauer des betreffenden Ganges oder dergleichen im Wahrscheinlichkeitsnetz an den betreffenden Klassengrenzen aufzutragen [10]. In diesem wird die Summenkurve einer Gauß'schen Normalverteilung bekanntlich als Gerade abgebildet, so daß aus der gegenseitigen Lage der einzelnen Meßpunkte sofort zu ersehen ist, ob eine angenäherte Normalverteilung oder eine ausgesprochene Mischverteilung vorliegt. Aus der Neigung einer Geraden kann sofort die Streuung beurteilt und aus dem 50 %-Wert das Häufigkeitsmaximum als „Zentralwert“ festgestellt werden.

Es empfiehlt sich, zunächst jede einzelne Messung so aufzutragen und Zug um Zug mit Ergebnissen gleichartiger Arbeiten zusammenzufassen. Dabei ergeben sich für gewisse Arbeits- und Fahrzustände jeweils gleiche oder ähnliche Tendenzen, sofern die Mindestmeßpunktzahl für die entsprechende Verteilung vorgelegen hat und die Motorbelastung als Funktion des gewählten Gangs erfaßt wurde.

Bei dem beschriebenen Gerät war die Motorbelastung auch deshalb in nur fünf Klassen eingeteilt worden, weil speziell nach Gerlach [5] angenommen werden konnte, daß vielfach Normalverteilungen herauskommen, die im Wahrscheinlichkeitsnetz durch vier bis fünf Punkte hinreichend belegt wären. Nachdem sich die Besorgnisse hinsichtlich unzulässig hoher zusätzlicher Stellkräfte des Einspritzpumpenreglers durch den Regelstangengeber als überflüssig erwiesen hatten, kann auch an eine größere Klassenzahl mit besserem „Auflösungsvermögen“ gedacht werden. Dadurch würde das bei fünf Klassen noch recht unsichere Abschätzen von Nebenverteilungen wesentlich zuverlässiger.

Die auf diesem Wege gewonnenen Versuchsergebnisse werden später in einem anderen Zusammenhang besprochen werden. Hier möge die in Abbildung 5 gezeigte Verteilung, die beim Scheibeneggen gewonnen wurde, als Beispiel genügen.

Weitere Registriermöglichkeiten

Mit einem derartigen Zählverfahren lassen sich auch Häufigkeitsverteilungen anderer Werte erhalten. So kann die Drehzahlhäufigkeit durch Registrieren der Stellung des „Hand“- oder „Fußgashebels“ angenähert festgestellt werden. Dabei würde man zweckmäßig aber das Erreichen oder Überschreiten der Vollast und das damit verbundene „Würgen“ des Motors mit am Anschlag befindlicher Regelstange gesondert feststellen.

Durch klassenweises Abtasten von Federwegen lassen sich Kräfte, zum Beispiel die Zugkraft, an Stelle oder neben der Erfassung durch andere Meßgeräte, zum Beispiel einen hydraulischen Zugkraftmesser [11], auch als Häufigkeitsverteilung registrieren. Mit entsprechenden Kraft- oder Weggebern kann in gleicher Weise die statistische Untersuchung von Feder- oder Lenkbewegungen des Fahrzeugs und dergleichen ermöglicht werden. Ebenso kann man an Druck- oder Temperaturgeber denken [12] und so durch klassenweise Einteilung auch Häufigkeitsverteilungen von Drücken oder Temperaturen bekommen.

Die Erweiterung dieser Skala hängt im wesentlichen von den Möglichkeiten zur Verwirklichung hinreichend großer Meßwege ab.

Die Schaltungsprinzipien solcher Zählgeräte entsprechen denen der Fernmeldetechnik. Dadurch lassen sich einfach und übersichtlich nahezu beliebige Verzweigungen der Schaltwege erzielen. Durch entsprechende Folgeschaltungen kann man auf diese Weise ganze Arbeitsabläufe in ihre Einzelvorgänge zerlegen und getrennt erfassen. Es wäre sogar denkbar, die einzelnen Anteile des Arbeitsspiels beim Arbeiten mit dem Frontlader getrennt zu registrieren. Für

Analysen bei solchen relativ kurzen Einzelheiten wäre aber die erwähnte höhere Impulsfrequenz von 8 bis 10 je Sekunde ratsam, damit man schon nach einer begrenzten Zahl von Arbeitsspielen eine Häufigkeitsverteilung erhält.

Daneben wäre es aber auch allgemein für den Schlepperfahrer wichtig, durch eine oder mehrere Kontrollampen die Motorbelastung besser als bisher abschätzen zu können. Mit den erwähnten Mikroschaltern ließe sich eine solche Anzeige einfach und betriebssicher erzielen. Durch deren Filmen oder Anschließen von Betriebsstundenzählern ohne Nachlaufzeit (z. B. elektrolytische Zähler) könnte man sogar wieder zu einer Aufzeichnung gelangen. Diese Vielfalt der sich durch geeignete Auswahl von Gebern bietenden Möglichkeiten und die erzielbare Aufschlüsselung von Meßergebnissen schon im Versuch durch entsprechendes Programmieren der Schaltwege für die Registrierung kann damit für die verschiedensten Aufgaben speziell bei der Überwachung und Auswertung von Einsatzversuchen wertvoll sein. Dabei ist es vorteilhaft, daß immer nur die gleichen Bauelemente und Schaltprinzipien benötigt werden und die Geberschalter selbst nur hinsichtlich ihrer Ein- und Ausschaltpunkte zu justieren sind.

Ausblick

Das besprochene Registrierverfahren stellt so einen Mittelweg zwischen der bisherigen einfachen Feststellung äußerer Arbeitsbedingungen und bestenfalls der mittleren Motorbelastung aus dem Kraftstoffverbrauch einerseits und den neuzeitlichen, hochempfindlichen elektronischen Meßgeräten andererseits dar. Nach den gewonnenen Erfahrungen wird seine Anwendung insbesondere unter rauen Einsatzbedingungen wertvoll sein können.

Die sehr einfache Auswertung der Zählergebnisse, ergänzt durch die Aufschreibungen des Tachographen, gestattet das Aufstellen von Belastungskollektiven. Durch elektronische Messungen bleiben lediglich weitgehende Überschreitungen der Vollast und andere kurzzeitig ablaufende Vorgänge, wie zum Beispiel Anfahr- und Bremsvorgänge, zu erfassen. Unter Zuhilfenahme anderer Zählergebnisse, etwa der Zahl der Einkuppelvorgänge, lassen sich solche Messungen an das Dauerlastkollektiv anschließen.

Durch zweckentsprechende Anwendung eines solchen Zählverfahrens können damit die vielfach fehlenden Querverbindungen zwischen Kurzzeitmessungen und Dauererprobung hergestellt werden.

Schrifttum

- [1] Meyer, H.: Probleme der Schlepperentwicklung. In: 14. Konstrukteurheft, Grundlagen der Landtechnik, H. 9, Düsseldorf 1957, S. 10—19
- [2] Haack, M.: Über die günstigste Gestaltung der Schleppersitzfederung bei luftbereiften Ackerschleppern mit starrer Hinterachse. Landtechnische Forschung 3 (1953) S. 1—13
- [3] Seifert, A.: Belastung und Kraftstoffverbrauch von Schleppermotoren. In: Die Vorträge der Wiesbadener KTL-Tagung (Berichte über Landtechnik, H. VII d, Teil 4) Wolftratshausen 1950, S. 7—12
- [4] Straub, H.: Drehmomentmessungen an Lastwagen und Ackerschleppern. ATZ 58 (1956) S. 139—144
- [5] Gerlach, A.: Erfassung der Triebwerksbelastung von Ackerschleppern. Landtechnische Forschung 8 (1958) S. 61—67
- [6] Schünke, U.: Die Arbeitszeit von Schleppern. Landbauforschung 8 (1958) S. 70—71
- Kiene, W.: Betriebsstundenzähler erhöht die Wirtschaftlichkeit. Landtechnik 13 (1958) S. 70—71
- Schlichting, M.: Messung der Schlepperausnutzung und der Zugarbeit beim Pflügen. (Arbeitszähler und Ausnutzungsmesser). Wissenschaftliche Abhandlungen der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaft. Bd. VIII. Berlin 1956
- [7] Dupuis, H., Preuschen, R. und Schulte, B.: Zweckmäßige Gestaltung des Schlepperführerstandes. (Landarbeit und Technik, H. 20) Bad Kreuznach 1955
- [8] Gassner, E.: Betriebsfestigkeit. Eine Bemessungsgrundlage für Konstruktionsteile mit statistisch wechselnden Betriebsbeanspruchungen. Konstruktion 6 (1954) S. 97—104
- [9] Vogt, H. und Zimmer, E.: Automatische Klassifikation und Speicherung von Meßergebnissen. Elektronik 6 (1957) S. 191
- [10] Daeves, K. und Beckel, A.: Großzahl-Methodik und Häufigkeitsanalyse. Weinheim 1958
- [11] Skalweit, H.: Messung des Zugwiderstandes von Dreipunkt-Anbaugeräten. Landtechnische Forschung 8 (1958) S. 108—109
- [12] Kontakt-Thermometer in Kleinausführung. VDI-Nachrichten 12 (1958) S. 3
- [13] Zapke, P.: Registriergerät für gruppenweise zu erfassende Meßwerte. Kraftfahrzeugtechnik 8 (1958) S. 453

Résumé:

Dipl.-Ing. H. H. Coenenberg: „Zählverfahren für rauhe Einsatzbedingungen.“

Eignung und Bewährung von Landmaschinen und Fahrzeugen, speziell Ackerschleppern, lassen sich erst nach langen Einsatzversuchen erkennen, wobei diese durch Registrieren geeigneter Meßwerte abgekürzt und sicherer beurteilt werden können. Nach Diskussion verschiedener Verfahren wurde ein elektrisches Zählgerät neu entwickelt und neben einem Tachographen im Einsatz erprobt. Dabei können über Zählwerke Betätigungen oder dergleichen direkt gezählt werden. Die Geberschalter können auch Spannungsimpulse in rhythmisch gleichen Zeitabständen erhalten, so daß aus den Zählungen beispielsweise die Einschaltdauer eines Ganges, bei klassenweiser Aufteilung eines Meßwertes aber auch dessen Häufigkeitsverteilung ersehen werden kann, zum Beispiel die der Regelstangenstellung der Einspritzpumpe eines Dieselmotors als Maß für dessen Belastung. Dabei haben sich die verwendeten Mikroschalter und Ankergangzähler gut bewährt. Der einfache mechanische und elektrische Aufbau eines solchen Zählgeräts bietet vielseitige Anwendungs- und Auswertungsmöglichkeiten.

Dipl. Ing. H. Coenenberg: "Recording Methods for Use under difficult Operating Conditions."

The efficiency and suitability of agricultural machinery and vehicles to carry out the duties for which they were designed can only be determined after a long period of trial and experiment. This applies particularly to agricultural tractors. However, these lengthy periods can be considerably curtailed and more accurately evaluated if certain values are properly recorded. After examination of various methods of recording, an electrical measuring instrument was developed and, in conjunction with a tachometer recorder, was tried out in actual practice. The various phases in the operation of agricultural vehicles can be directly measured by means of recording mechanisms. The transmitter switches can also receive voltage impulses in rhythmically equal time intervals, whereby, for example, the duration of time that a certain gear was engaged can be determined from the recorded values. In addition, the frequency distribution of such operations can be determined by breaking down the readings into various classifications. An example of this is the utilisation of the amount of opening of the control rod of the fuel pump of a Diesel motor as a measure of the load on the motor. The micro-switches and moving coil counting mechanisms have proved themselves very suitable in this connection. The simplicity of the various electrical and mechanical components of such a measuring system offers a wide range of possibilities of application and evaluation.

Dipl.-Ing. H. H. Coenenberg: «Méthodes de comptage utilisables dans des conditions de travail pénibles.»

Il faut de longues essais pratiques afin de pouvoir juger si des machines et engins de traction agricoles, en particulier les tracteurs sont appropriés à leur usage et possèdent l'endurance nécessaire, mais l'enregistrement de certaines valeurs de mesure permet de raccourcir ces essais et de juger d'une façon plus sûre de la valeur des constructions. Après avoir examiné différentes méthodes, l'auteur a étudié un nouvel appareil de comptage électrique et l'a utilisé pendant l'essai pratique en même temps qu'un tachygraphe. Cette méthode a permis de compter directement à l'aide de compteurs le nombre de certaines manoeuvres et de facteurs analogues. Le relais transmetteur peut recevoir des impulsions de tension rythmées régulières qui permettent par exemple de déterminer par comptage la durée d'enclenchement d'une vitesse. En fractionnant les valeurs de mesure en échelons, on peut également déterminer la fréquence de certaines données du fonctionnement comme par exemple les différentes positions du tige du régulateur de la pompe d'injection d'un moteur Diesel dont on peut déduire sa charge. Les microrelais et compteurs à échappement d'ancre utilisés lors de ces essais ont faits leurs preuves. La construction mécanique et électrique simple de ces appareils de comptage offre des possibilités d'utilisation et d'interprétation multiples.

Ing. dipl. H. H. Coenenberg: «Procedimiento contador para trabajos duros.»

Las propiedades y la verificación de máquinas agrícolas y de vehículos, especialmente de tractores, se pueden establecer solamente después de largos ensayos prácticos, siendo sin embargo posible abreviar dichos ensayos y consignar resultados más precisos por el registro de valores de medición convenientes. Después de discutir varios procedimientos, se ha desarrollado un contador eléctrico que se ha sometido a pruebas prácticas en combinación con un tacógrafo, siendo así posible contar el accionamiento etc. directamente. Los conmutadores pueden recibir también impulsos eléctricos por momentos rítmicos iguales, revelando así el recuento la duración de una marcha y, repartiendo los valores medidos en secciones, la frecuencia de su empleo, como p.e. el del ajuste de la varilla de regulación de la bomba de inyección de un motor Diesel, como indicador de la carga. En estas pruebas los micro-conmutadores y los contadores del escape del áncora han dado excelentes resultados. La disposición mecánica y la eléctrica sencilla de estos contadores ofrece numerosas modalidades para su empleo y para la recolección de valores.

Dr.-Ing. E. Mewes:

Zum Verhalten von Preßgütern in Preßtöpfen

Institut für Landtechnische Grundlagenforschung, Braunschweig-Völkenrode

Bereits verschiedentlich wurden die Gesetzmäßigkeiten für das Pressen von Stroh in Preßkanälen [1, 4 ÷ 8] oder in einem Preßtopf [2, 3, 6] untersucht. Aus den Preßtopfversuchen sollen unter anderem die grundsätzlichen Zusammenhänge für die Verdichtbarkeit der Stoffe gewonnen werden. Die Ergebnisse der Preßtopfversuche gelten auch vollständig beim Verdichten der Stoffe in Räumen mit während des Pressens feststehenden Seitenwänden und Böden. Solche Verhältnisse treten in den im Anfang vor langer Zeit für das Verdichten landwirtschaftlicher Stoffe benutzten Kasten- oder Spindelpressen auf. Sie werden aber auch für das Brikkettieren (Tablettieren) von Heu in Betracht gezogen. Allerdings sind bei letzterem die Drücke um Größenordnungen höher als bei den Strohpressen.

Nach den Preßtopfversuchen ist der Zusammenhang zwischen der Größe des Drucks auf den Kolben und dem mittleren Raumbgewicht des Preßgutes festgestellt. Es wird im folgenden untersucht, ob nicht auch die Größe des Reibungsbeiwertes zwischen dem Preßgut und der Wand, der bei dem tatsächlichen Preßvorgang im Preßkanal von Strohpressen eine große Rolle spielt, sowie die Preßgutmenge sich auf den genannten Zusammenhang bei Versuchen in Preßtöpfen auswirken.

Bezeichnungen

- A s. (17—21)
- B (34)
- C (28, 48)
- C_x (29, 44)
- F Kolbenfläche
- F_s vom Preßgut beeinflusste Seitenfläche
- G Preßgutgewicht
- U Umfangslänge des Preßtopfquerschnittes
- a, b Kantenlängen des Preßtopfquerschnittes
- c (51)
- d Durchmesser des Preßtopfquerschnittes

- k (52)
- l jeweilige Höhe des Preßraums
- l_u Höhe des Preßtöpfes
- m nach (28) ff.
- n (24)
- p_b Bodendruck
- p_o Kolbendruck
- p_s Seitendruck (örtlicher)
- p_x örtlicher Längsdruck
- p_y, p_z Seitendrücke in Y- bzw. Z-Richtung
- s Kolbenweg
- y Raumbgewicht
- γ_u Raumbgewicht in ungepreßtem Zustand
- γ_x örtliches Raumbgewicht
- μ Reibungsbeiwert
- v Querszahl

Druckverteilungen

Druckverteilungsgesetzmäßigkeiten in Preßtöpfen hat wohl zuerst Gutjar (nach [4]) angegeben. Bei diesen theoretischen Untersuchungen ist vorausgesetzt: Der Längsdruck p_x ist an allen Stellen eines Querschnitts F (s. Abb. 1) gleich. Der auf die Topfwand ausgeübte örtliche Seitendruck $p_s(x)$ ist direkt proportional dem Längsdruck p_x . Die Reibungs-

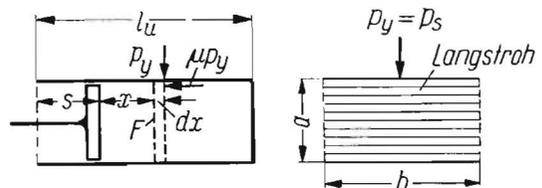


Abb. 1: Bezeichnungen am Preßtopf

Der Querschnitt F des Preßtöpfes ist hier rechteckig. Eingelagert sind in Richtung der Kante b ausgerichtete zugeschnittene Strohhalme.