

1. Einführung

Bekanntlich können bei Messungen systematische und zufällige Fehler auftreten /1/. Während sich die systematischen Fehler durch geeignete Maßnahmen ausschalten lassen, ist das Auftreten von zufälligen Fehlern unvermeidbar.

Bei einer Vielzahl von Wiederholungen gleichartiger Messungen läßt sich erkennen, daß die Meßwerte — bedingt durch die zufälligen Fehler — nach bestimmten Verteilungsgesetzen streuen. Mit Hilfe der mathematischen Statistik lassen sich — abgeleitet von Verteilungsgesetzen und Streuungsmaßen — qualitativ hochwertige Aussagen treffen. Falsche Schlußfolgerungen werden weitestgehend vermieden, wenn als Ergebnis von Versuchen bei der Angabe und Deutung von Mittelwerten die Streuung der Einzelwerte in geeigneter Weise berücksichtigt wird. Zur Theorie und Anwendung der mathematischen Statistik sei auf spezielle Fachliteratur /2/ /3/ /4/ verwiesen.

Regge /5/ gibt ein Verfahren und die Berechnungsgrundlagen an, wie man einen auf Papier registrierten Meßwertverlauf (Zugkraftmeßschrieb) statistisch auswerten kann. Dazu werden aus dem Meßschrieb nach bestimmten Regeln eine Vielzahl von Einzelwerten entnommen und klassiert. Auch wenn Planimetriergeräte mit Klassiereinrichtung /6/ benutzt werden, bedingt dieses Verfahren einen erheblichen Anteil manueller Auswertarbeit. Für komplexe Meßaufgaben wendet man heute vorteilhaft das Magnetbandverfahren an. Hierbei können bis 16 analoge Meßwertverläufe gleichzeitig auf einem Magnetband gespeichert werden. Bei der nacheinander folgenden Wiedergabe der aufgenommenen Verläufe kann mit elektronischen Auswertgeräten nach verschiedenen Prinzipien klassiert werden.

Eine Möglichkeit, sofort zu klassiertem Wertematerial zu gelangen, ist mit der digitalen Messung gegeben. Man verzichtet dabei meist auf die Sichtbarmachung des Meßwertverlaufs und wandelt die analogen Eingangsgrößen sofort in zählbare digitale Signale um.

Bei im ILT durchgeführten umfangreichen Pflugkörperuntersuchungen gelangte eine eigens dazu entwickelte digitale Meßeinrichtung zum Einsatz, die näher beschrieben werden soll. Mit ihrer Hilfe war es möglich, folgende Forderungen zu erfüllen:

- Rationalisierung der Messungen
- einfache Registrierbarkeit der Meßwerte

* Institut für Landmaschinentechnik (ILT) im VEB Weimar-Kombinat-Landmaschinen (amt. Direktor: Dipl.-Ing. J. Gieske)

- großer Informationsgehalt durch statistische Messungen
- Möglichkeit der Entnahme der Meßergebnisse als Zahlenwert aus dem Klassierergebnis unmittelbar nach der Messung
- kein Genauigkeitsverlust durch Planimetrierfehler
- unmittelbare Weiterverarbeitung der auf dem Feld erfaßten Meßwerte durch EDV-Rechenzentrum
- keine längerwährende Bindung von meßtechnischen Fachkräften und universell einsetzbaren Meßanlagen.

2. Entwicklung einer digitalen Meßeinrichtung

2.1. Voraussetzungen

Für die Beurteilung des Energieaufwands der Pflugarbeit ist die Bestimmung der Parameter

- Zugkraft Z in kp
- Arbeitsbreite b in cm
- Arbeitstiefe t in cm
- Arbeitsgeschwindigkeit v in m/s

erforderlich.

Die digitale Messung der einzelnen Meßgrößen erfordert analog arbeitende Meßwertaufnehmer. Die bei Zugkraftmessungen verwendeten handelsüblichen mechanischen oder hydraulischen Zugkraftmeßgeräte erfüllen dieses Prinzip. Für die Arbeitstiefen- und Arbeitsbreitenmessung konnten Meßwertaufnehmer aus analog registrierenden Meßeinrichtungen genutzt werden, mit denen die bisher übliche manuelle Messung abgelöst werden kann. Die bei der Arbeitstiefenmessung auf der Feldoberfläche laufenden Tasträder zeigt Bild 1.

Bei der Arbeitsbreitenmessung kopiert das an einem Schlitten befindliche Laufrad (Bild 2) die Furchenkante und überträgt die quer zur Fahrtrichtung auftretenden Bewegungen, die der Breitenänderung entsprechen. Im Interesse eines ökonomisch vertretbaren meßtechnischen Aufwands wurde auf eine statistische Messung der Arbeitsgeschwindigkeit verzichtet.

2.2. Prinzip der digitalen Messung

Bild 3 zeigt den Ausschnitt aus einem kontinuierlichen Meßwertverlauf. Dieser wird jedoch im Gegensatz zur analogen Messung nicht registriert, sondern in bestimmten Intervallen abgetastet. Die dabei anfallenden Ordinatenwerte werden bestimmten Klassen zugeordnet, und es wird die Häufigkeit

Bild 1. Meßwertaufnehmer und Meßwandler zur Arbeitstiefenmessung



Bild 2. Meßwertaufnehmer zur Arbeitsbreitenmessung und mechanisches Zugkraftmeßgerät

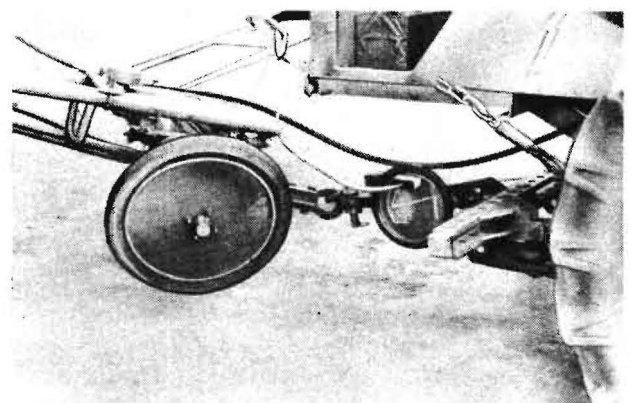
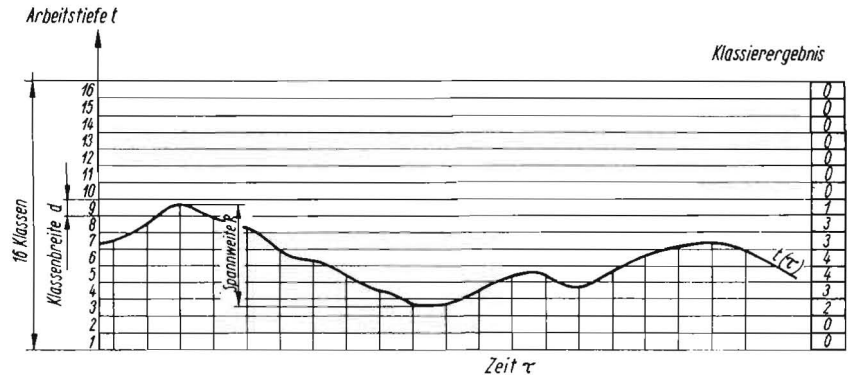


Bild 3. Klassierprinzip bei zeitkonstanter Abfrage



ihres Auftretens gezählt. Will man den Meßwertverlauf vollständig erfassen, ist es erforderlich, daß die Klasseneinteilung mindestens über die gesamte Spannweite erfolgt. Die Spannweite — auch Variationsbreite genannt — ist ein Streuungsmaß und gibt die Differenz von Maximalwert und Minimalwert an.

Die elektrischen Abtastimpulse gehen aus von einem periodisch arbeitenden Taktgeber und gelangen zu einem Schleifer (Bild 4). Bei dessen Kontakt in jeweils einer Meßwertklasse wird der zugeordnete Impulszähler beaufschlagt. Der Schleiferstift wurde breiter gewählt als die Isolation zwischen den einzelnen Kontaktblättchen. Mit entsprechenden Relaiskombinationen ist jedoch auch beim Überbrücken zweier Kontaktblättchen durch den Schleifer eine eindeutige Meßwerterfassung erzielbar [7].

2.3. Aussagen über optimale Klassenanzahl, Klassenbreite und Impulsdichte

2.3.1. Impulsdichte

Die Impulsdichte ist so zu wählen, daß für die abzutastenden Meßwertverläufe die dabei anfallenden diskreten Ordinaten den Meßwertverlauf einwandfrei charakterisieren. In der Praxis ordnet man einer Schwingung innerhalb des Meßwertverlaufs 5 bis 15 Abtastimpulse zu. Diese Forderung auf die bisher bei einem 3furchigen Anhängelbeetpflug auf Meßschieb gewonnenen Meßwertverläufe von Zugkraft, Arbeitstiefe und Arbeitsbreite übertragen ergab, daß etwa nach einem Meßweg von jeweils 7 bis 20 cm ein Impuls zur Abfrage der Meßwertverläufe erzeugt werden mußte.

Die Abtastimpulse lassen sich sowohl mit einem zeitkonstanten als auch mit einem wegkonstanten Taktgeber erzeugen. Zur meßstreckenunabhängigen Bestimmung der mittleren Arbeitsgeschwindigkeit wurde die Meßeinrichtung mit beiden Arten von Taktgebern ausgerüstet. Aus funktionellen Gründen mußte bei den bisher durchgeführten digitalen Messun-

gen die zeitkonstante Abfrage bevorzugt werden. Die Impulsfolge des am Pfluglandrad montierten wegkonstanten Taktgebers (fotoelektrisch) beträgt 0,12 m, bedingt durch den Landraddurchmesser und die gewählte Teilung der Lochscheibe. Der eingesetzte zeitkonstante Taktgeber (astabiler Multivibrator) arbeitet mit einer Frequenz von 20 Hz. Die Anzahl der zeitkonstanten Impulse, die sich innerhalb der 100 m lang gewählten Meßstrecke ergibt, ist abhängig von der Arbeitsgeschwindigkeit. Die Versuchsplanung erforderte abgestufte Arbeitsgeschwindigkeiten im Bereich von 1 bis 4 m/s. Die Anzahl der abgegebenen Impulse innerhalb der Meßstrecke lag somit zwischen 500 und 2000. Die geforderte Impulsdichte wurde mit der gewählten Frequenz weitgehend eingehalten.

Zur Erklärung der funktionellen Störungen bei wegkonstanter Abfrage sei darauf hingewiesen, daß unter den gegebenen Versuchsbedingungen Spitzenfrequenzen von rd. 35 Hz auftraten, die einige Zählwerke nicht mehr sicher verarbeiten konnten.

2.3.2. Klasseneinteilung

Das Vorgehen bei der Klasseneinteilung soll am Beispiel der Meßgröße Zugkraft gezeigt werden.

Unter Beachtung der zu erwartenden Einsatzbedingungen mußte mit Zugkraftmittelwerten im Bereich von 500 bis 4000 kp gerechnet werden. Aus früheren Versuchen war bekannt, daß die Spannweiten der Einzelwerte im allgemeinen zwischen 300 kp und 1800 kp liegen. Die Klassenbreite wird berechnet nach

$$d = \frac{R}{K} \quad (1)$$

Darin bedeuten
d Klassenbreite in kp
R Spannweite in kp
K Klassenanzahl

Die Klassenanzahl wird nach [5] wie folgt festgelegt:

$$k \leq 5 \lg n \quad (2) \quad n \text{ Anzahl der Einzelwerte}$$

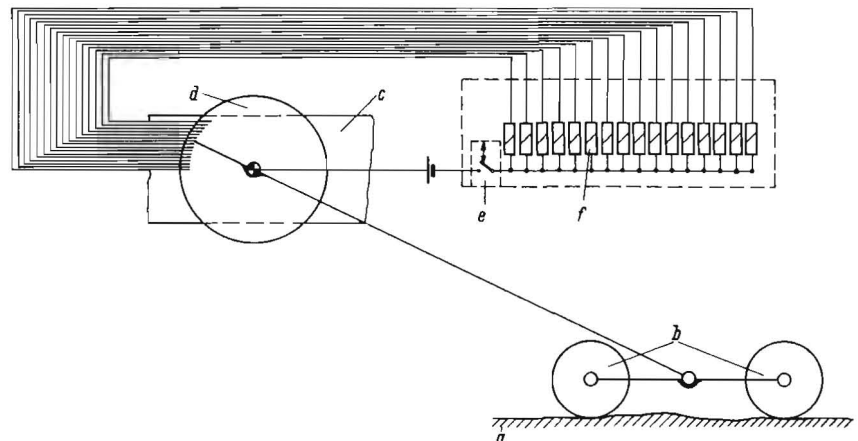


Bild 4. Meßprinzip; a Feldoberfläche, b Tastwägen, c Pflugrahmen, d Meßwandler (Geber) e Taktgeber, f Impulszähler

Die sich ergebende Grenzklassenzahl kann man unterschreiten, sie soll aber nicht kleiner als 6 gewählt werden. Die zulässige Klassenanzahl kann somit bei minimal 500 Einzelwerten 6 bis 13 betragen. Im Interesse handlicher Klassenbreiten wurde die maximale Grenzklassenzahl auf 12 reduziert.

Unterstellt man für die zu erwartende kleinste Spannweite die mögliche geringste Klassenanzahl und für die maximale Spannweite die größte Klassenanzahl, so muß trotzdem bei den Messungen die Klassenbreite entsprechend den Bedingungen im Bereich von 50 bis 150 kp variierbar sein.

Unter Beachtung der Kriterien Meßungenaugigkeit, Zeitaufwand der Messung und Kosten der Meßeinrichtung wurde folgende Lösung zur Variation der Klassenbreite und zur Abdeckung des erforderlichen großen Zugkraftmeßbereichs realisiert:

Von einem anzeigenden Federzugkraftmeßgerät (Typ FA 12, 0 bis 3000 kp) wurden Gehäuse und Feder zum Bau eines Meßwandlers zur digitalen Messung genutzt (Bild 2). Dabei mußten bei veränderter Kinematik 40 Kontaktblättchen so eingebaut werden, daß über den gesamten Meßbereich hinweg eine gleichbleibende Klassenbreite von ≈ 75 kp gewährleistet war. Zur Veränderung des Meßbereichs und der Klassenbreite wurden durch eine Hebelübersetzung die Zugkräfte je nach Wahl in den Verhältnissen 1 : 1, 1 : 1,5 oder 2 : 1 auf den Meßwandler übertragen.

Im Gegensatz zur Klassierung eines bereits aufgenommenen Meßwertverlaufs muß bei der sofortigen Klassierung der zu erwartende Meßwertverlauf durch einen Vorversuch geschätzt werden, um die Meßgeräte entsprechend einstellen zu können. Da geschätzter und tatsächlicher Meßwertverlauf versuchsbedingt voneinander abweichen, wurden zusätzlich zu den bereits vorgesehenen 12 Klassen weitere 8 Klassen bereitgestellt. Die somit erforderlichen 20 Impulsähler können en bloc mit Hilfe von Stufenschaltern in jeden Abschnitt der 40 Meßwandlerkontakte (21 Teilmeßbereiche) geschaltet werden. In Tafel 1 sind Meßbereiche, Klassenbreiten, zulässige Spannweitenbereiche und die zulässigen Mittelwertverschiebungen aufgeführt. Man könnte annehmen, daß durch starke Unterschiede zwischen den Werten von Vorversuch und Messung erheblicher Versuchsaufwand betrieben werden müßte. Die praktischen Erfahrungen zeigten jedoch, daß dies nicht der Fall ist. So genügen für die Vorversuche kurze Stichprobenmessungen, die während der Pflugeinstellung vorgenommen werden können.

Da das verwendete mechanische Zugkraftmeßgerät den auftretenden hohen Belastungen im Dauereinsatz nicht standhielt, wurde später unter Beibehaltung der getroffenen Festlegungen für Klassenbreite und Klassenanzahl auf hydraulische Zugkraftmeßgeräte umgestellt. Die beim mechanischen Zugkraftgeber erforderliche Hebelübersetzung konnte bei der hydraulischen Messung wegfallen, da zu dem Schreibgerät Typ 34/HKS1, in das ebenfalls 40 Kontaktblättchen eingebaut werden mußten, entsprechend der zu messenden Zugkraft abgestufte Geber für die Bereiche 0 bis 2000 kp, 0 bis 3000 kp und 0 bis 6000 kp handelsüblich angeboten werden. Es bestand die Möglichkeit, bei Bedarf gleichzeitig mit der digitalen Messung den Meßwertverlauf auf einem Wachschieb aufzuzeichnen.

Die Klasseneinteilungen für die Meßgrößen Arbeitstiefe und Arbeitsbreite wurden nach der gleichen Methode wie bei der Meßgröße Zugkraft vorgenommen. Da aber im Gegensatz zur

Tafel 1. Meßbereiche

Über- setzungs- verhältnis	Meßbereich	Klassen- breite	zulässige Spannweiten- bereiche	zulässige Mittelwert- verschie- bungen
	kp	kp	kp	kp
2 : 1	0...6000	150	750...1800	± 600
1 : 1	0...3000	75	375... 900	± 300
1 : 1,5	0...2000	50	250... 600	± 200

Zugkraft Sollwerte (Nennarbeitstiefe und Nennarbeitsbreite) und schmalere Spannweitenbereiche vorlagen, konnten für die Klassierung einfachere Lösungen gewählt werden.

Arbeitstiefe: Klassenbreite 1 cm
Anzahl der Impulsähler 16 Stück
Meßwandler in 5 Stufen zu je 5 cm
mech. verstellbar

Arbeitsbreite: Klassenbreite 1,5 cm
Anzahl der Impulsähler 9 Stück
Meßbereich in 10 Stufen zu je
1,5 cm mit mech. Schnellverstel-
lung wählbar;

Arbeitsgeschwindigkeit: Je ein Impulsähler zum Zählen der wegkonstanten und zeitkonstanten Impulse.

2.4. Klassiergerät

Die Anordnung der Impulsähler im Klassiergerät (Bild 5) trägt dem gewählten Auswertungsverfahren Rechnung. Verwendet wurden elektromechanische Impulsähler mit mechanischer Nullrückstellung.

Tafel 2 enthält Angaben über Funktion, Stückzahl und Bezeichnung der Impulsähler.

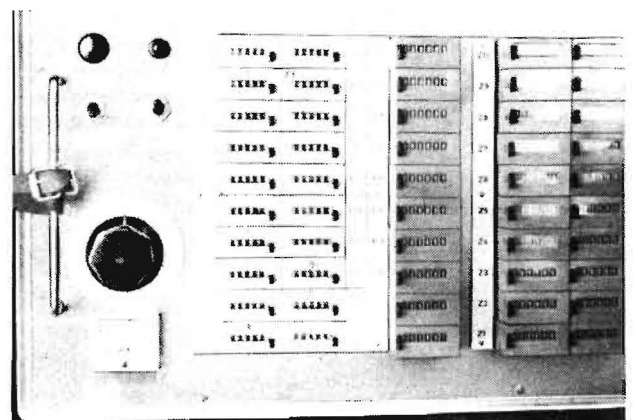
Im Klassiergerät befinden sich austauschbare Leiterplatten mit Bauelementen (Transistoren, Widerstände und Relais), die zur Ansteuerung der Impulsähler dienen. Neben der eindeutigen Zählung gewährleistet die schaltungstechnische Auslegung auch, daß der über die Kontaktblättchen der Meßwandler fließende Strom klein gehalten wird. Somit werden Funktionsstörungen durch Abbrand der Kontakte vermieden. Weiterhin befinden sich im Klassiergerät ein zeitkonstanter Taktgeber, Schalter für Stromzufuhr, Schalter zur Umstellung der Meßeinrichtung von wegbabhängiger Taktgabe auf zeitkonstante Taktgabe, Stufenschalter zur Einregulierung des Zugkraftmittelwerts, Steckkontakte zur Aufnahme der von den Meßwandlern kommenden Zuleitung und Voltmeter zur Überprüfung der Batteriespannung (12 V—).

Der Funktionskontrolle des Klassiergerätes dient ein externer Prüfschalter, der die Arbeitsweise der Meßwandler imitiert.

Tafel 2. Übersicht der Impulsähler

Funktion	Anzahl St.	Bezeichnung
Meßgröße Zugkraft	20	Z1 ... Z20
Meßgröße Arbeitstiefe	16	t1 ... t16
Meßgröße Arbeitsbreite	9	b1 ... b9
Summenzähler Zugkraft	1	S Z
Summenzähler Arbeitstiefe	1	S t
Summenzähler Arbeitsbreite	1	S b
Summenzähler Wegimpulse	1	S L
Summenzähler Zeitimpulse	1	S T

Bild 5. Frontseite des Klassiergerätes



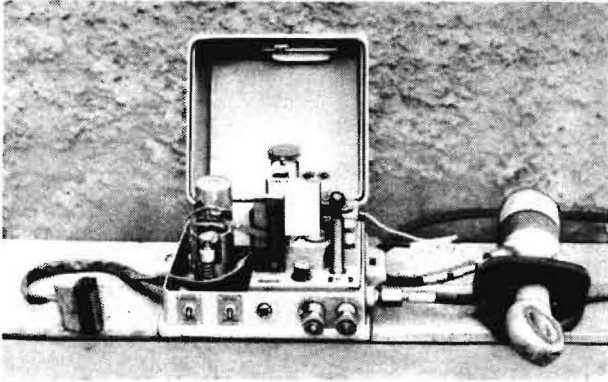


Bild 6. Geber und Meßwandler zur hydraulischen Zugkraftmessung

2.5. Meßwandler

Die Details der Konstruktion müssen den jeweiligen Bedingungen speziell angepaßt werden. Die Erfüllung folgender genereller Forderungen wurde angestrebt:

- unmittelbare Verbindung der Meßwandler mit den Meßwertaufnehmern, um Übertragungselemente und somit Fehlerquellen zu vermeiden
- Funktionsfähigkeit auch unter rauen Einsatzbedingungen (Verschmutzung, Erschütterung, großer Temperaturbereich, Feuchtigkeit).

Bei dem bereits erwähnten Meßwandler zur mechanischen Zugkraftmessung sind Meßwertaufnehmer und Meßwandler zu einer Einheit zusammengefaßt. Durch den notwendig gewordenen Übergang von mechanischer zu hydraulischer Zugkraftmessung erfolgte eine räumliche Trennung zwischen Meßwertaufnehmer und Meßwandler (Bild 6).

Bild 7 zeigt den zur Arbeitstiefenmessung benutzten Meßwandler im geöffneten Zustand.

Da die Kontakte im Meßwandler parallel zum Pflugrahmen angeordnet wurden, konnten sie mit einer konstanten Teilung versehen werden. Bei der Arbeitsbreitenmessung wurde mittels eines dünnen Stahlseils und einer Seilscheibe die Translationsbewegung des Laufradschlittens in eine Rotationsbewegung des Kontaktschleifers übertragen. Der Seilscheibendurchmesser wurde so gewählt, daß die Kontaktsegmente des Meßwandlers mit einer fertigungstechnisch günstigen Teilung ausgeführt werden konnten. Als geeignetes Kontaktmaterial erwies sich der gegen Säure beständige V2A-Stahl.

3. Eichung und Vergleichsmessung

3.1. Zugkraft

Bei der Eichung wurde der Zugkraftgeber in einer Zerreißmaschine mehrmals langsam be- und entlastet. Notiert wurden die Kräfte, durch die die Anzeige von einem Impulszähler zum benachbarten Impulszähler überwechselte. Da die Relaiskombination so ausgelegt worden war, daß bei Stellung des Schleifers zwischen zwei Kontaktblättchen die Abtastimpulse über den zugkraftmäßig höheren Kontakt zum entsprechenden Impulszähler geleitet werden, wird auf diese Weise die untere Klassengrenze bestimmt.

Die Gleichung der Ausgleichsgeraden im Eichdiagramm

$$Z_U = aZ + d \cdot M \pm s_{Z,M} \quad (3)$$

wurde mit Hilfe der Regressionsanalyse bestimmt. Der Regressionskoeffizient d ist identisch mit der Klassenbreite. Der Achsabschnitt aZ berücksichtigt die Trägheit des Systems und die Anfangsstellung des Schleifers. Hierbei ist zu beachten, daß die Kontaktnummer M von 1 bis 40 läuft und es einen Nullten-Kontakt praktisch nicht gibt.

Im folgenden sei als Beispiel das Ergebnis einer Eichung angeführt. Mechanische Zugkraftmessung, Anzeigebereich 0...3000 kp:

$$Z_U = -93,3 \text{ kp} + 76,5 \text{ kp} \cdot M \pm 6,7 \text{ kp}$$

Auf eine aufwendige Einjustierung der Klassenbreite auf den theoretisch vorgegebenen Wert von 75 kp wurde verzichtet. Die mittlere quadratische Abweichung $s_{Z,M}$ der Einzelwerte von der Regressionsgeraden kann als sehr gering bezeichnet werden. Bei der hydraulischen Zugkraftmessung ist, bedingt durch größere Hysterese, dieses Streuungsmaß etwa um das 5fache größer. Bei Feldversuchen vergleichsweise durchgeführte digitale und analoge Messungen der Zugkraft ergaben eine gute Übereinstimmung.

3.2. Arbeitstiefe

Unter Laborbedingungen wurde der Schleifer des Arbeitstiefenmeßwandlers so einjustiert, daß sich die geforderte, über alle Klassen hinweg gleichbleibende Klassenbreite von 1 cm ergab. Der Vergleich der digitalen Arbeitstiefenmessung mit einem anderen Meßverfahren war problematisch. Bei der manuellen Arbeitstiefenmessung mit Meßlatte konnte nur die Arbeitstiefe des letzten Pflugkörpers des 3furchigen Meßpflugs bestimmt werden. Hingegen befand sich der Meßwertaufnehmer für die digitale Messung in Höhe des mittleren Pflugkörpers und zeigte demzufolge auch dessen Arbeitstiefe an. Da in den wenigsten Fällen eine zur Feldoberfläche parallele Lage des Pflugrahmens erreicht wird, treten meistens Unterschiede zwischen der manuellen und der digitalen Arbeitstiefenmessung auf. Trotzdem wurde, abweichend von der bisherigen Praxis, der digitalen Arbeitstiefenmessung der Vorzug gegeben.

3.3. Arbeitsbreite

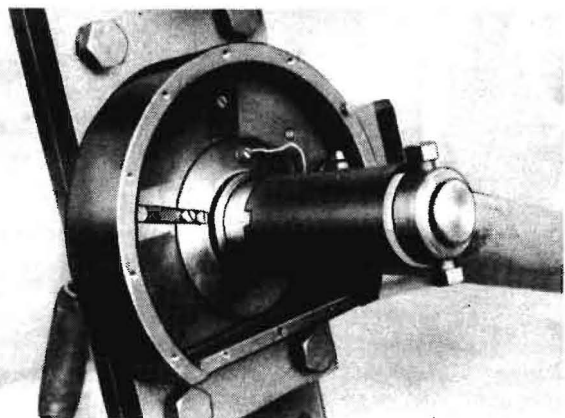
Aufgrund der gewählten Konstruktion des Arbeitsbreitenmeßwandlers wurde die vorgegebene Klassenbreite von 1,5 cm ohne Korrektur erzielt.

Im Interesse geringer Meßungenauigkeit mußten bei der digitalen Arbeitsbreitenmessung eine gut ausgebildete Pflugfurchenkante und die richtige Stellung der Zugschere des Pflugs (Lage des Pflugs zur Arbeitsrichtung) angestrebt werden.

3.4. Arbeitsgeschwindigkeit

Zur fehlerfreien Arbeitsgeschwindigkeitsmessung waren sowohl konstante Weg- als auch konstante Zeitimpulse erforderlich. Wegen der Abhängigkeit des Schlupfes des impuls erzeugenden Pfluglandrads vom Zugwiderstand mußte ein griffigeres Reifenprofil als sonst üblich verwendet werden,

Bild 7. Meßwandler für die Arbeitstiefenmessung (geöffnet)



um die Meßgenauigkeit unter der vorgegebenen Grenze von 1 Prozent zu halten. Es war notwendig, die Impulsfolge auf jedem Versuchsfeld neu zu bestimmen.

Damit war die Unabhängigkeit der Geschwindigkeitsmessung von der Meßstrecke wesentlich eingeschränkt. Die anfänglich aufgetretene starke Abhängigkeit der Frequenz des astabilen Multivibrators von der Umgebungstemperatur konnte durch geeignete Widerstandskombinationen ausgeschaltet werden.

4. Versuchsauswertung

Für die Berechnung des arithmetischen Mittelwerts und der Standardabweichung aus dem klassierten Zahlenmaterial wurde das weniger gebräuchliche Verfahren der kumulierenden Addition der Besetzungszahlen (Summenverfahren) gewählt. Dabei werden die Klassen zweckmäßigerweise nach fallenden Werten geordnet und dann die Besetzungszahlen schrittweise aufaddiert (kumuliert) und die so ermittelten Zahlen nochmals kumuliert. Die Summen dieser beiden Zahlenreihen werden mit \sum_1 und \sum_2 bezeichnet.

Für die Berechnung des arithmetischen Mittelwerts \bar{x} und der Standardabweichung s gelten folgende Formeln:

$$x = a + \frac{d}{n} \sum_1 \quad (4)$$

$$s = \sqrt{\frac{d^2}{n-1} \left[2 \cdot \sum_2 - \sum_1 - \frac{1}{n} (\sum_1)^2 \right]} \quad (5)$$

Dabei ist d die für alle Klassen einheitliche Breite und a die Mitte der letzten Klasse der Tabelle, vermindert um eine Klassenbreite d .

Die Anwendung dieses Verfahrens soll am Beispiel einer Zugkraftauswertung gezeigt werden:

Die Größe a der Gl. (4) setzt sich zusammen aus

$$a = aZ + d \left(wZ + \frac{1}{2} \right) \quad (6)$$

Das für die Messung zutreffende Eichergebnis — entsprechend Gl. (3) — lautet

$$aZ = 193,5 \text{ kp} \quad d = 150,3 \text{ kp}$$

Die Schaltstellung wZ des Zugkraftstufenschalters betrug

$$wZ = 2 \quad (wZ = 0 \dots 20),$$

d. h., die Kontakte 3 bis 22 des Meßwandlers waren während der Messung mit den Impulszählern Z1 bis Z20 elektrisch verbunden.

Tafel 3. Kumulation der Besetzungszahlen

Klasse	Besetzungszahl n_i Stück	1. Kumulation der Besetzungszahlen Stück	2. Kumulation Stück
Z 20	0	0	0
Z 19	0	0	0
Z 18	0	0	0
Z 17	0	0	0
Z 16	0	0	0
Z 15	0	0	0
Z 14	0	0	0
Z 13	0	0	0
Z 12	3	3	3
Z 11	46	49	52
Z 10	226	275	327
Z 9	540	815	1 142
Z 8	695	1 510	2 652
Z 7	406	1 916	4 568
Z 6	172	2 088	6 656
Z 5	10	2 098	8 754
Z 4	1	2 099	10 853
Z 3	0	2 099	12 952
Z 2	0	2 099	15 051
Z 1	0	2 099	17 150
Insgesamt	$n = 2 099$	$\Sigma_1 = 17 150$	$\Sigma_2 = 80 160$

In Tafel 3 sind die Besetzungszahlen und die Summenbildung der auszuwertenden Zugkraftmessung angeführt, womit sich der Zugkraftmittelwert Z schließlich ergibt zu:

$$Z = \left[193,5 + 150,3 \left(2 + \frac{1}{2} \right) + \frac{150,3}{2099} \cdot 17 150 \right] \text{ kp}$$

$$Z = 1798 \text{ kp}$$

Die Berechnung der Standardabweichung nach Gl. (5) ergibt:

$$s = \sqrt{\frac{150,3^2}{2099 - 1} \left[2 \cdot 80 160 - 17 150 - \frac{(17 150)^2}{2099} \right]} \text{ kp}$$

$$s = 181 \text{ kp}$$

In Verbindung mit EDV-gerecht gestalteten Vordrucken für die Meßwerterfassung wurde die Effektivität der beschriebenen Meßeinrichtung sinnvollerweise durch eine maschinelle Versuchsauswertung ausgeschöpft. Für eine manuelle Versuchsauswertung sei darauf hingewiesen, daß es schaltungs-technisch auch möglich ist, statt der Besetzungszahlen die Summenhäufigkeit (1. Kumulationsreihe) mit den Impulszählern zu registrieren.

5. Zusammenfassung

Die Voraussetzung einer statistischen Auswertung von Versuchen ist geeignetes Versuchsmaterial, das sich auf effektive Weise durch die direkte digitale Meßwerterfassung gewinnen läßt. Ausgehend von den Forderungen an Impulsdichte und Klassenanzahl wird die Entwicklung einer digitalen Meßeinrichtung für Pflugversuche gezeigt. Außerdem wird an einem Beispiel die Auswertung einer Zugkraftmessung — beschränkt auf die Berechnung von Mittelwert und Standardabweichung — mit Hilfe eines wenig gebräuchlichen Verfahrens behandelt.

Literatur

- 1/ Meßtechnik, Grundbegriffe. TGL 0-1319, April 1963
- 2/ Weber, E.: Grundriß der biologischen Statistik. 6. Auflage, Jena: VEB Gustav Fischer Verlag 1967
- 3/ Sachs, L.: Statistische Auswertungsmethoden. Springer-Verlag 1968
- 4/ Mudra, A.: Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. Berlin und Hamburg: Verlag Paul Parly 1958
- 5/ Regge, H.: Zur statistischen Auswertung von Versuchsergebnissen. Dt. Agrartechnik 13 (1963) H. 1, S. 33-35
- 6/ Ritzmann, F.: Entwicklung und Einsatz von Meßmitteln am Institut für Landmaschinenbau der TU Dresden. Dt. Agrartechnik (1963) H. 10, S. 447-450
- 7/ Namyslo, W.: Eine Methode zur Gewinnung statistischer Kennziffern für die Auslastung von Dieselmotoren in selbstfahrenden Landmaschinen. Bericht über die technisch-wissenschaftlichen Arbeiten des ILT, Leipzig 1968, Heft 18, Teil I. A 9112

Organisation, Technologie und Technik der Agrochemischen Zentren

Unter diesem Thema veranstaltet der Fachverband Land- und Forsttechnik der Kammer der Technik vom 28. bis 29. Juni 1973 in Leipzig eine Wissenschaftlich-technische Tagung.

Zur Plenartagung am 28. Juni sind neben einigen Grundsatzreferaten über die Arbeit der ACZ in der DDR Übersichtsvorträge zur weiteren Chemisierung der Pflanzenproduktion in den sozialistischen Ländern vorgesehen.

Am 29. Juni stehen zwei Sektionstagungen auf dem Programm:

1. Fachausschuß „Mineraldüngung“
2. Fachausschuß „Pflanzenschutz“

Auch in den Sektionsveranstaltungen werden neben den Referenten aus der DDR viele Fachleute aus den RGW-Ländern sprechen. Interessenten wenden sich an

Kammer der Technik, FV Land- und Forsttechnik
108 Berlin, Clara-Zetkin-Str. 115-117

AK 9113