

Ing. W. PFLÜGER*

Tiefenhaltung und ökonomischer Nutzen bei Anwendung der Regelhydraulik an Traktoren (Teil III)¹

3.3.2. Definition für die zulässige Toleranz von $\pm 10\%$

Während des Feldeinsatzes mußte festgestellt werden, daß trotz einer exakt vorgenommenen Einstellung des Anbaupfluges auf einen bestimmten Sollwert bei jeder Meßfahrt unterschiedliche, oftmals beträchtlich voneinander abweichende Mittelwerte der Furchentiefe entstehen, d. h. also, daß die genaue Einhaltung eines bestimmten Sollwertes über eine längere Strecke praktisch nicht möglich ist. Des weiteren ergab die nachfolgende Auswertung, daß schon allein die als Absolutwerte gemessenen Einzelabweichungen vom Sollwert oftmals die zulässige $\pm 10\%$ -Grenze überschreiten. Diese Feststellungen gelten nicht nur für geregelte und freipendelnde Anbaupflüge sondern auch für Anhänger- und Aufsattelplüge.

Zusammengefaßt ist also festzustellen:

Die geforderte zulässige Toleranz der Arbeitstiefe von $\pm 10\%$ kann nicht in Absolutmaßen gewertet und nicht auf den Sollwert bezogen werden. Als Bezugsgröße ist stattdessen ein nach den Methoden der Statistik errechneter arithmetischer Mittelwert zu verwenden, während die viel zitierten „ $\pm 10\%$ “ als relative Streuung um diesen Mittelwert zu betrachten sind.

Es zeigte sich deutlich, daß zu einem angenommenen Sollwert von z. B. 20 cm Arbeitstiefe zwei Abweichungen existieren:

- Die Abweichung des arithmetischen Mittelwerts vom Sollwert — abhängig von der Pflügenlenkung, -einstellung und von den Bodenverhältnissen;
- Die Standardabweichung (bzw. relative Streuung) vom jeweiligen arithmetischen Mittelwert — abhängig vom Regelsystem.

In Auswertung dieser Erkenntnisse wurde folgende Definition für die Beurteilung eines Regelhydrauliksystems erarbeitet:

Unter der Forderung nach Einhaltung der Arbeitstiefe mit einer zulässigen Toleranz von $\pm 10\%$ kann nur die Forderung nach einer maximalen relativen Streuung von $\pm 10\%$ um den arithmetischen Mittelwert einer Versuchswertfolge verstanden werden.

Diese relative Streuung als Absolutmaß ausgedrückt, stellt dabei das quadratische Mittel der Einzelabweichungen vom arithmetischen Mittelwert dar („Standardabweichung“ oder „Standardfehler“).

Das Relativmaß der Streuung gibt dabei allein noch keinen Aufschluß über die Einhaltung des Sollwertes der Arbeitstiefe. Hierzu ist stets noch zusätzlich die Abweichung des jeweiligen arithmetischen Mittelwertes vom Sollwert zu betrachten. Eine geringe Streuung kann z. B. zusammen mit einer großen Abweichung des arithmetischen Mittelwertes vom Sollwert eine große Gesamtabweichung vom Sollwert ergeben.

Die relative Streuung allein ist also nur als Bewertungsmaßstab für das jeweilige Regelsystem, nicht aber für die Qualität der Arbeit (Einhaltung der Solltiefe) geeignet.

3.3.3. Ergebnisse für den arithmetischen Mittelwert und die relative Streuung bei den einzelnen Regelsystemen

Die jeweiligen arithmetischen Mittelwerte bzw. deren Abweichungen vom Sollwert stellen keine für die einzelnen Regelsysteme typischen Größen dar. Diese Feststellung liegt darin begründet, daß die mittlere Furchentiefe weniger vom Regelsystem als vielmehr von der Pflügenlenkung und von den Bodenverhältnissen abhängig ist.

Zur Einschätzung aller bei der Regelung der Furchentiefe auftretenden Faktoren ist jedoch die mögliche Größe der Abweichung des arithmetischen Mittelwertes vom Sollwert von Interesse.

Charakteristisch für das Regelsystem ist aber im Gegensatz dazu die Größe der Streuung um den arithmetischen Mittelwert. Sie liegt bei der Lageregelung, bei der ja der Pflug gewissermaßen starr mit dem Traktor verbunden ist und daher jede Nickbewegung mitmacht, erwartungsgemäß am höchsten, während die niedrigsten Streuwerte mit der Schwimmstellung erreicht wurden.

Die für jedes Regelsystem ermittelten Extremwerte für \bar{x} und s_r sowie die aus allen Einzelergebnissen errechneten Gesamt-Mittelwerte für \bar{x} und s_r sind in Tafel 2 zusammengefaßt.

3.4. Zusammenfassende Beurteilung der Vergleichsergebnisse

Die wichtigsten Erkenntnisse aus der Vergleichsuntersuchung lassen sich in folgenden Punkten zusammenfassen:

- Obwohl auf den ausgewerteten Meßschriften nicht direkt die Bewegung des Anbaupfluges, sondern die der Meßrolle relativ zur Bodenoberfläche abgebildet ist, wird das angewandte Verfahren als Vergleichsmethode für brauchbar angesehen.
- In Bild 2 sind die Ergebnisse für den arithmetischen Mittelwert sowie für die absolute und relative Streuung auf jeder Bodenart und als zusammengefaßte Werte für alle Bodenarten dargestellt worden (s. Berichtig. S. 143). Es ist zu erkennen, daß die Größtwerte für den arithmetischen Mittelwert der Furchentiefe jeweils bei schwerem Boden auftreten. Diese Tatsache ist damit erklärbar, daß die Meßrolle hierbei oft über zurückfallende Erdschollen rollt und somit eine Anzeige im Sinne großer Furchentiefe entsteht, obwohl die wirkliche Furchentiefe durchaus geringer sein kann. Dieser Mangel liegt in der Meßmethodik begründet; eine Möglichkeit zu seiner Abstellung konnte nicht gefunden werden. Da diese nachteilige Erscheinung aber bei der Prüfung jedes Regelsystems gleichermaßen auftritt, ist eine Vergleichsbasis

Tafel 2
Extrem- und Mittelwerte des arithmetischen Mittelwertes und der relativen Streuung bei den einzelnen Regelsystemen

	\bar{x}_{\max} / Bodenart [cm]	\bar{x}_{\min} / Bodenart [cm]	$\bar{x}_{\text{mittl.}}$ [cm]	$s_{r\max}$ / Bodenart [\pm %]	$s_{r\min}$ / Bodenart [\pm %]	$s_{r\text{mittl.}}$ [\pm %]
Lageregelung	24,5 / SB	18,5 / LB	21,2	28,7 / SB	12 / LB	17
Zugkraftregelung	25,4 / SB	18 / WB	21,4	21,1 / SB	11 / LB	14,2
Mischregelung	27,4 / SB	19,2 / LB	22,3	19,7 / SB	8,6 / LB	12,1
Tastregelung	24,5 / SB	17,7 / WB	20	14,4 / SB	7,1 / SB	10,5
Schwimmstellung	24,1 / SB	15,2 / SB	21,2	19,4 / SB	3,2 / LB	9,3

* Institut für Landmaschinen- und Traktorenbau Leipzig (Direktor: Dr.-Ing. H. REICHELE)
¹ Teil I s. H. 1/1967, S. 37, Teil II s. H. 2/1967, S. 87.

LB $\hat{=}$ leichter Boden ($W_0 \approx 40 \text{ kp} \cdot \text{cm}^{-2}$)
WB $\hat{=}$ wechselnder Boden ($W_0 \approx 60 \text{ kp} \cdot \text{cm}^{-2}$)
SB $\hat{=}$ schwerer Boden ($W_0 \approx 90 \text{ kp} \cdot \text{cm}^{-2}$)
 W_0 $\hat{=}$ spezifischer Bodenwiderstand

trotzdem vorhanden. Bei der Untersuchung des Verteilungsverhaltens wurden aber aus diesem Grunde zu extreme Absolutwerte als untypisch ausgeklammert.

- Die ungünstigsten Ergebnisse — also größte Abweichung des arithmetischen Mittelwerts vom Sollwert und größte Streuung — wurden auf schwerem Boden erzielt; die besten Ergebnisse hingegen auf leichtem Boden.

Diese Erscheinung läßt sich u. a. dadurch erklären, daß auf schwerem Boden die Einsatzmöglichkeit und damit auch der korrigierende Einfluß der Regelhydraulik infolge der flach liegenden resultierenden des Bodenwiderstands bedeutend geringer ist als bei leichtem Boden. Außerdem ist der Traktor hierbei durch das Überfahren von in die Furche zurückfallenden großen Schollen (keine Krümelung) ständigen, das Pflugbild ungünstig beeinflussenden Nickbewegungen ausgesetzt.

- Die Abweichungen des arithmetischen Mittelwertes vom Sollwert äußern sich in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle in einer Vergrößerung der Furchentiefe; eine Unterschreitung des Sollwertes wurde weitaus weniger festgestellt.

- Entgegen den ursprünglichen Erwartungen ließ sich im Rahmen der mit den zur Verfügung stehenden Motorleistungen möglichen Fahrgeschwindigkeiten kein eindeutiger Einfluß der Fahrgeschwindigkeit auf das Regelergebnis nachweisen.

Eine Verschlechterung der Tiefenhaltung infolge der bei höherer Geschwindigkeit auftretenden Nickbewegungen des Traktors ist offenbar erst bei $V_F > 8 \text{ km/h}$ zu erwarten.

- In Auswertung der gewonnenen Ergebnisse und Erfahrungen konnte eine Definition für den von der Landwirtschaft und in der Literatur bisher nur allgemein geforderten Toleranzbereich von „ $\pm 10\%$ “ erarbeitet werden (zulässige Toleranz = relative Streuung um den arithmetischen Mittelwert einer Meßwertfolge).

- Das einzige Prinzip der Pflugführung, bei dem die geforderte 10% -Grenze der relativen Streuung nicht überschritten wird, ist die Schwimmstellung. Die durchschnittliche relative Streuung beträgt hierbei $\pm 9,3\%$. Man kann also schlußfolgern, daß mit diesem System die beste Tiefenhaltung erreichbar ist. In den anschließend beschriebenen ökonomischen Vergleichsuntersuchungen konnte jedoch eindeutig nachgewiesen werden, daß hierbei die erreichbare Flächenleistung auf Grund der im Vergleich zur Regelhydraulik geringeren Hinterachsbelastung des Traktors kein Optimum darstellt.

Maximale Flächenleistung in Verbindung mit gegenüber der Schwimmstellung minimalem Schlupf ist nur bei Anwendung der Regelhydraulik erreichbar. Als Ergebnis der Vergleichsuntersuchung stellte sich dabei die Tastregelung als dasjenige System heraus, das den agrotechnischen Forderungen mit einer durchschnittlichen relativen Streuung von $\pm 10,5\%$ am besten entspricht.

Die Unterschiede zwischen den für die einzelnen Regelsysteme jeweils ermittelten Werten der relativen Streuung sind allerdings weniger groß, als vielleicht zu erwarten gewesen wäre. Insofern könnte sich der Schwerpunkt der Betrachtungsweise bei der Auswahl eines günstigen Regelsystems vor allem bei der Gegenüberstellung der Tast- und Mischregelung mehr auf den notwendigen Aufwand an Bauelementen und auf eine leichte und übersichtliche Bedienbarkeit verlegen.

Reine Zugkraft- oder Lageregelung scheiden auf Grund ihrer bekannten Nachteile aus der Reihe der in Betracht zu ziehenden Regelsysteme aus.

- In der Literatur wird verschiedentlich die Frage aufgeworfen, ob die Forderung nach Einhalten einer konstanten Bearbeitungstiefe überhaupt gerechtfertigt ist [16] [17] [18] [19] [20]. Obwohl die Mehrzahl der Autoren diese Frage bejaht, gibt es bis heute keine Ergebnisse aus praktischen Feldversuchen, die den Einfluß der Gleichmäßigkeit der Bearbeitungstiefe auf die Erträge erkennen lassen. Die Notwendigkeit derartiger Untersuchungen wird wiederholt hervorgehoben.

Auch in der DDR konnten die in dieser Richtung befragten Spezialinstitute zu der erhobenen Forderung nach konstanter Furchentiefe keine klare Begründung abgeben. Zur Rechtfertigung des technischen Aufwandes, den eine gut funktionierende Regelanlage erfordert, wäre die Aufnahme derartiger Untersuchungen durch die entsprechenden Forschungsinstitute der Landwirtschaft eine dankenswerte Aufgabe.

Literatur

- [16] KÖNIG, A. / U. RIEMANN: Schlepperhydraulik und Furchentiefe. Landtechnik (1961) H. 3, S. 55 bis 57
- [17] SPEISER, H.: Zur hydraulischen Regelung der Furchentiefe. Landtechnik (1961) H. 9, S. 306 bis 308
- [18] FEUERLEIN, W.: Gleichmäßige Furchentiefe notwendig. Landtechnik (1961) H. 9, S. 308 bis 309
- [19] KÖNIG, A. / U. RIEMANN: Ein klärendes Wort zur Furchentiefe. Landtechnik (1961) H. 9, S. 309
- [20] SEIFERT, A.: Die Gleichmäßigkeit der Furchentiefe beim Pflügen. Landtechnik (1962) H. 7, S. 226 bis 229.

(Fortsetzung folgt im nächsten Heft)

A 6639/III

Ein „Kipp-Warngerät für Fahrzeuge“ auf der MMM 66

Dr.-Ing. H. REICHEL, KDT,
Direktor des Instituts für Landmaschinen- und Traktorenbau
Leipzig

Die „Messe der Meister von Morgen“ spiegelt in überzeugender Weise wider, wie es die Jugendlichen unserer Republik verstehen, neue technische Lösungen und Verfahren zu finden, und wie sie dabei durch erfahrene Praktiker und Theoretiker angeleitet und unterstützt werden. Das Exponat „Kipp-Warngerät für Fahrzeuge“, das auf dem Stand der VVB Elektrogeräte ausgestellt war, bedarf besonderer Beachtung, da es speziell für den Einsatz in der Landwirtschaft vorgesehen ist und nach einer Aufgabenstellung des Kreislandwirtschaftsrates Eisenach von einem Lehrlingskollektiv aus dem VEB Fahrzeugelektrik Ruhla hergestellt wurde, somit also Ausdruck für eine sorgfältige Aufgabenstellung, Anleitung und Betreuung sein könnte. Die Aufgabenstellung zwingt jedoch zu einigen kritischen Bemerkungen, die im Endergebnis eine falsche Aufgabenstellung und die Unbrauchbarkeit der technischen Lösung des Kipp-Warngerätes nachweisen.

Grundsätzliches über Kipp-Warngeräte

Ein Kipp-Warngerät, das einen möglichen bevorstehenden Umsturz eines Traktors oder einer Landmaschine anzeigen soll, kann es nicht geben, weil das Umstürzen nicht durch die Wirkung statischer, sondern durch die Wirkung dynamischer Kräfte erfolgt. Es sind nur wenige Umstürze bekannt, die infolge der statischen oder quasistatischen Kräfteeinwirkung zustande gekommen sind, Traktoristen oder Maschinisten sind dabei nicht tödlich verletzt worden. Die dynamische Wirkung, die vor allem durch das Bremsen des Traktoristen oder das un stetige Kurvenfahren, meist durch ungünstige Kombination von beidem, eintritt, kann nicht vorher eingeschätzt werden. Es kann deshalb auch keine Einrichtung geben, die auf einen bevorstehenden Umsturz hinweist. Ein nachträgliches Anzeigen dieses Ergebnisses der dynamischen Wirkung hat aber keinen Sinn. Mit einem statisch wirkenden Anzeigergerät kann also die Gefahr eines