

- Der Förderstrom für „schnelles Ausheben und Absenken“ von Anbaugeräten mit Hilfe des Krafthebers am Traktor muß außer zur Betätigung „freier“ und fest eingebauter Arbeitszylinder noch benutzt werden können, um Hubzylinder von Kipp-Anhängern zu betätigen. Dabei wird für die Zeit des Kippvorgangs so viel Öl aus der Hydraulikanlage des Traktors entnommen, wie die einfach wirkenden Hubzylinder aufnehmen, und zwar auch dann, wenn das aus Traktor und Anhänger bestehende Gespann am Hang arbeitet und der Traktor während des Kippvorgangs in zulässiger Weise geneigt steht.
- Den Förderstrom für den Kraftheber-Regelkreis des Traktors muß man wahlweise noch benutzen können, um kleine Arbeitszylinder für die Feinsteuerung von Landmaschinen zu betätigen. Diese Forderung erstreckt sich auf Anwendungsfälle, bei denen z. B. die Verwendung „freier“ Arbeitszylinder nicht zweckmäßig ist und wo die Beaufschlagung mit einem Förderstrom von z. B. 50 l/min keine genügend feinfühligere Steuerung entsprechend der Arbeitsaufgabe gewährleistet.

Beispiele für diese Forderungen sind:

- Feldhäcksler (Haspolverstellung)
- Rodelader für Rüben (Lenkung)
- Köpflader für Rüben (Lenkung)

- Sammelroder für Kartoffeln (Tiefeneinstellung der Rodwerkzeuge)
- Hackgeräte (Feinsteuerung der Hackwerkzeuge)
- Kopplungsrahmen für Maschinen und Geräte bei Saat und Pflege (Feinsteuerung von Hackwerkzeugen an Hackgeräten)

### 1.2.2.3. Bedienung der Anlagen

Die Bedienungseinrichtungen sind so weit wie möglich bei der Energiequelle anzuordnen (Traktor, selbstfahrende Landmaschine, Lader), weil dort die Bedienungsperson vorhanden ist.

Die Steuerungselemente der angebauten, aufgesattelten und angehängten Landmaschinen und Anhänger werden deshalb zum Traktor verlagert. Damit wird es möglich, den zur Steuerung der genannten Landmaschinen und Anhänger erforderlichen Förderstrom von der Hydraulikpumpe des Traktors zu den einzelnen Verbrauchern zu leiten.

Nur in Sonderfällen — z. B. bei Feinsteuerung nach 1.2.2.2 — ist es noch erforderlich, die Steuerung der Arbeitszylinder durch zusätzliche — auf den Anbau, Aufsattel- und Anhängelandmaschinen sowie Anhängern angeordnete — Steuereinrichtungen vorzunehmen.

(Teil II folgt im nächsten Heft) A 6686

Ing. W. PFLÜGER\*

## Tiefenhaltung und ökonomischer Nutzen bei Anwendung der Regelhydraulik an Traktoren (Teil I)

### 1. Einführung

Im modernen Traktorenbau hat sich die Regelhydraulik allgemein durchgesetzt. Die Landwirtschaft fordert hierzu (in Auswertung der Literatur), daß die Arbeitstiefe beim Pflügen mit einer Toleranz von  $\pm 10\%$  konstant gehalten wird.

Der Traktorenkonstrukteur hat somit die Aufgabe, aus einer Anzahl möglicher Regelsysteme dasjenige auszuwählen, das dieser Forderung weitgehend entspricht. In der praktischen Anwendung sind bisher die Systeme Lage-, Zugkraft-, Misch- und Tastregelung bekanntgeworden. Das charakteristische Verhalten dieser Regelsysteme unter verschiedenen Einsatzbedingungen ist aus der Literatur und der praktischen Erfahrung bekannt. Nur wenig bekannt sind hingegen konkrete Zahlenwerte über die bei den einzelnen Regelsystemen und Einsatzverhältnissen tatsächlich auftretenden Toleranzen der Arbeitstiefe beim Pflügen. Es fehlt weiterhin eine Definition, auf welche Basis die genannte Toleranz von  $\pm 10\%$  zu beziehen ist. Zunächst ist hierbei der Sollwert der Furchentiefe als Bezugsgröße genauso gut denkbar wie der aus einer längeren Meßstrecke bestimmte Mittelwert.

Aus allgemeinen Einschätzungen ist bekannt, daß durch die Anwendung der Regelhydraulik ein erheblicher ökonomischer Nutzen gegenüber dem freipendelnden Anbausystem (Schwimmstellung) erreichbar ist; im wesentlichen sind aber hierüber noch keine konkreten Zahlenwerte veröffentlicht.

Zur Klärung dieser offenen Fragen wurden 1965 vom Institut für Landmaschinen- und Traktorenbau Untersuchungen mit folgenden Zielen begonnen:

- a) Feststellung der Tiefenhaltung der einzelnen, z. Z. bekannten Regelsysteme durch praktische Vergleichsuntersuchungen
- b) Erarbeitung einer genauen Definition für die Basis der als zulässig bezeichneten Toleranz von  $\pm 10\%$
- c) Ermittlung des ökonomischen Nutzen der Regelhydraulik gegenüber dem freipendelnden Anbausystem.

\* Institut für Landmaschinen- und Traktorenbau Leipzig (Direktor: Dr.-Ing. H. REICHEL)

### 2. Merkmale der einzelnen Regelsysteme

Auf die allgemeinen Grundlagen der Regelhydraulik soll hier nicht eingegangen werden, es sei dazu auf die einschlägige Literatur verwiesen [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11]. Das grundlegende Merkmal jedes echten Regelkreises ist das Vorhandensein eines geschlossenen Wirkungsablaufs (mit Rückmeldung). Es müssen folgende drei Hauptbestandteile vorhanden sein [12] [13]:

Meßwerk                      Regelwerk                      Stellwerk

Während bei den einzelnen bekannten Systemen der Regelhydraulik das Regelwerk — bestehend im wesentlichen aus einem Steuerschieber und den Übertragungsmechanismen zwischen Meß- und Stellwerk — und das Stellwerk (hydraulischer Kraftheber) im Prinzip keine Unterschiede aufweisen, bestehen in der Ausführung des Meßwerks und in der das Meßwerk beeinflussenden Störgröße grundlegende Verschiedenheiten. Durch die beiden letztgenannten Faktoren — also Meßwerk und Störgröße — lassen sich die einzelnen Regelsysteme am besten charakterisieren:

#### 2.1. Zugkraftregelung

- Meßwerk: Arbeitsgerät in Verbindung mit im oberen oder in den unteren Lenkern eingebauten Meßfedern.
- Störgröße: Änderung des Zugwiderstandes.
- Regelergbnis: Annähernd gleichmäßige Beanspruchung aller Baugruppen des Traktors.
- Vorteile: Annähernd gleichmäßige Motorbelastung; maximale Flächenleistung; optimale Triebachsbelastung; weitgehende Sicherung aller Bauteile des Traktors gegen Überlastung.

\* „Optimal“ — d. h. im vorliegenden Fall, daß unter Abzug eines für die Führung des Pfluges notwendigen Schleifsohlendruckes von etwa 25 bis 50 kp alle anderen aus der Pflugmasse und der senkrechten Komponente des Bodenwiderstandes herrührenden Vertikalkräfte auf die Hinterachse des Traktors verlagert werden können.

**Nachteile:** Schlechte Arbeitsqualität bei inhomogenem Boden (Arbeitstiefe stark schwankend), Abhängigkeit der Zugkraft und damit auch der Arbeitstiefe von der Fahrgeschwindigkeit; beim Wechsel von schwerem zu leichtem Boden muß öfters von Hand eingegriffen werden, um ein Absinken z. B. des Pfluges zu vermeiden.

**Empfehlenswerter Einsatzbereich:** Zur Erzielung einer großen Flächenleistung, wobei auf die Einhaltung einer genauen Arbeitstiefe kein großer Wert gelegt wird.

## 2.2. Lageregelung

**Meßwerk:** Nockenscheibe auf der Hubwelle des Krafthebers.

**Störgröße:** Veränderung der Relativlage zwischen Hubarmen (bzw. Anbaugerät) und Traktor.

**Regelergbnis:** Einhaltung einer konstanten Relativlage zwischen Traktor und Anbaugerät.

**Vorteile:** Konstante Arbeitstiefe bei ebenem Boden — unabhängig vom Bodenwiderstand und von der Fahrgeschwindigkeit; optimale Triebachsbelastung.

**Nachteile:** Übertragung der Nickbewegungen des Traktors auf das Anbaugerät — dadurch keine konstante Arbeitstiefe bei welligem Boden; keine gleichmäßige Motorauslastung; geringere Flächenleistung als bei 2.1.

**Empfehlenswerter Einsatzbereich:** Für über dem Boden arbeitende Anbaugeräte (z. B. Mincraldüngerstreuer); Anbaugeräte mit pendelnd aufgehängten Werkzeugen (z. B. Hackmaschinen); kopflaste Anhängemaschinen (z. B. Mähhäcksler).

## 2.3. Mischregelung („Mischung“ von Zugkraft- und Lageregelung)

**Meßwerke:** Arbeitsgerät in Verbindung mit im oberen oder in den unteren Lenkern eingebauten Meßfedern sowie Nockenscheibe auf der Hubwelle des Krafthebers.

**Störgrößen:** Sowohl Änderung des Zugwiderstandes als auch der Relativlage zwischen Hubarmen und Traktor.

**Regelergbnis:** Annähernd konstante Arbeitstiefe unter Abschwächung der mit 2.1 bzw. 2.2 erreichbaren Ergebnisse je nach Mischungsgrad.

**Vorteile:** Möglichkeit der Anpassung von Zugkraft- oder Lageregelung an die jeweiligen Bodenverhältnisse, dadurch gleichmäßigere Arbeitstiefe erreichbar als bei 2.1 und 2.2; optimale Triebachsbelastung.

**Nachteile:** Die jeweils unter 2.1 und 2.2 genannten Nachteile der einzelnen Regelsysteme können nicht völlig beseitigt werden — z. B. bei inhomogenem und welligem Boden; keine gleichmäßige Motorauslastung; geringere Flächenleistung als bei 2.1.

Bei Systemen mit stufenlos variierbarer Mischung (keine fixierte Rastung): Das „Mischungsverhältnis“ wird subjektiv vom Traktoristen bestimmt und muß daher nicht immer im günstigsten Bereich liegen.

**Empfehlenswerter Einsatzbereich:** Erzielung einer annähernd konstanten Arbeitstiefe bei wechselndem und unebenem Boden.

Ergänzend sei bemerkt, daß grundsätzlich auch eine Mischung von Zugkraft- und Tastregelung möglich ist, wobei die Zugkraftregelung als Überlastungssicherung dient. Praktisch sind jedoch derartige Lösungen noch nicht bekannt geworden.

## 2.4. Tastregelung

**Meßwerk:** Tastrad oder -kufe.

**Störgröße:** Veränderungen des Bodenprofils.

**Regelergbnis:** Konstante Arbeitstiefe.

**Vorteile:** Automatische Konstanthaltung der Arbeitstiefe — unabhängig von Fahrgeschwindigkeit, Bodenwiderstand und -oberfläche; Vermeidung notwendiger Korrekturen der Arbeitstiefe von Hand — daher echte Automatisierung; optimale Triebachsbelastung.

**Nachteile:** Notwendigkeit der Anordnung einer Tasteinrichtung außerhalb des Traktors; keine gleichmäßige Motorauslastung; geringere Flächenleistung als bei 2.1 — dafür beste Arbeitsqualität.

**Empfehlenswerter Einsatzbereich:** Erzielung einer konstanten Arbeitstiefe unter allen Bodenverhältnissen; Verwendbarkeit der bisher üblichen, für „Schwimmstellung“ gebauten Anbaupflüge ohne Veränderung, da Kräfte in den Lenkern keine Rolle spielen.

## 2.5. „Schlupfregelung“

Dieses in der einschlägigen Literatur erwähnte mögliche System sei nur der Vollständigkeit halber erwähnt — eine praktische Ausführung ist bis jetzt noch nicht bekanntgeworden und wohl auch kaum zu erwarten.

**Meßwerk:** Schlupfbehaltete Triebäder des Traktors in Verbindung mit einer als Bezugsgröße schlupffrei umlaufenden Einrichtung (z. B. Lauftrad).

**Störgröße:** Änderung des Radschlupfes.

**Regelergbnis:** Annähernd gleichmäßige Beanspruchung aller Baugruppen des Traktors.

**Vorteile:** Wie unter 2.1.

**Nachteile:** Stark schwankende Arbeitstiefe bei inhomogenem und unterschiedlich feuchtem Boden. (Eine Wasserlache z. B. wirkt schon eine Erhöhung des Schlupfes und damit eine Verringerung der Arbeitstiefe).

**Empfehlenswerter Einsatzbereich:** Praktische Erfahrungen liegen nicht vor. Nach theoretischen Überlegungen ist ein derartiges System wegen der damit verbundenen stark schwankenden Arbeitstiefe nicht zu empfehlen.

Ergänzend sei erwähnt, daß neben den angeführten spezifischen Einflußfaktoren, die bei den jeweiligen Regelsystemen als Störgröße wirken (z. B. Bodenwiderstand oder -oberfläche) auch noch solche existieren, die unabhängig vom Regelsystem die Tiefenhaltung beeinflussen. In erster Linie handelt es sich hierbei um die Schärfe der Arbeitswerkzeuge; insbesondere der Schare beim Pflug (aus diesem Grunde: Entwicklung selbstschärfender Schare!), um den Anstellwinkel des Anbaugerätes (Länge des oberen Lenkers) und um die Kinematik des Geräteanbaues.

## Literatur

- [1] SKALWEIT, H.: Regelungsarten für Schlepper-Anbaupflüge. Landtechnische Forschung (1958) H. 3, S. 78 bis 80
- [2] SEIFERT, A.: Die Weiterentwicklung beim hydraulischen Kraftheber. Technik und Landwirtschaft (1959) H. 24, S. 272 bis 574
- [3] SEIFERT, A.: Der neue hydraulische Kraftheber des Fordson-Dexta-Schleppers und sein Vergleich mit anderen Systemen. Landtechnische Forschung (1959) H. 2, S. 34 bis 40
- [4] KTL: Was man über die Regelhydraulik wissen sollte! Schlepper und Landmaschine (1962) H. 6, S. 192 bis 194
- [5] KOENIG, W.: Was ist und wozu braucht man die Regelhydraulik? Landtechnische Forschung (1962) H. 6, S. 167 bis 173

(Schluß siehe S. 39)

### 5.2.3.4. Kettenspannräder

In Landmaschinen gibt es eine Vielzahl von Kettentrieben, die je nach den Erfordernissen angeordnet sind. Da es sich im wesentlichen um Triebe mit größeren Achsabständen handelt, sind sie zur Verhinderung von transversalen Schwingungen der Kette und zum Ausgleichen der durch den Gelenkverschleiß auftretenden Längung mit Spanneinrichtungen ausgerüstet. Diese Spanneinrichtungen sind verschiedenartig ausgeführt. So werden ungefederte mechanisch nachstellbare Holzklötze und Kettenräder sowie gefederte Kettenspanner eingesetzt. Die Räder der Kettenspanner bestehen im allgemeinen aus Stahl, wobei die Verzahnung gefräst und der Zahnkranz gehärtet wird. Außerdem verwendet man für die Lagerstelle ein Kugellager. Die Abdichtung erfolgt mit Bleckdeckel und Radial-Wellendichtring.

Auf Grund der Anzahl der Teile, die mechanisch bearbeitet werden müssen, und wegen des einzusetzenden Kugellagers entstehen relativ hohe Kosten für einen Kettenspanner. Um den Anteil der mechanischen Bearbeitung herabzusetzen, den Aufbau des Kettenspanners zu vereinfachen und ein relativ billiges Produkt bei nach Möglichkeit gleicher Nutzungsdauer der Elemente ohne Zusatzschmierung zu erhalten, wurden vom ILT Untersuchungen mit Plast-Kettenspannrädern und Dichtelementen vorgenommen. Die Untersuchungen erstreckten sich auf gleitgelagerte Kettenspanner mit einer Teilung  $t = 19,05 \text{ mm}$  und einer Zahnzahl  $z = 15$ . Alle Plastteile der Versuchsmuster wurden aus Polyamid-6-Rundvollstäben hergestellt. Für die Lagerbolzen wurde allgemeiner Baustahl der Güte St 50 eingesetzt. Die Laufflächen waren für alle Ausführungen mit einer Rauhtiefe  $R_t = 10$  bis  $40 \mu\text{m}$  gedreht. Das Anfangslagerspiel lag zwischen  $0,13$  und  $0,40 \text{ mm}$ ; das entspricht einem relativen Lagerspiel zwischen  $\varphi = 6,5$  und  $20\%$ . Als Versuchsobjekte wurden 4 Ausführungen (Bilder 22, 23, 24, 25) auf dem Versuchsstand und in der Praxis untersucht. Alle Ausführungen wurden beim Zusammenbau mit Schmierfett „Certitol T 4“ versehen.

#### Versuchsplan

Bei den auf dem Versuchsstand untersuchten Ausführungen A, B und C (insgesamt 8 Stück) wurde nach den in Tafel 9 zusammengestellten Versuchsbedingungen verfahren. Die Untersuchungen der Ausführung A dienten zunächst dazu, einen Überblick über die Abnutzungserscheinungen an der Verzahnung und der Lagerstelle zu erhalten. Es fand deshalb je ein Versuch mit und ohne Staubatmosphäre statt. In

\* Institut für Landmaschinen und Traktorenbau Leipzig (Direktor Dr.-Ing. H. REICHEL)

<sup>1</sup> Teil I s. H. 7/1966, S. 335; Teil II s. H. 8/1966, S. 385; Teil III s. H. 9/1966, S. 436; Teil IV s. H. 10/1966, S. 471; Teil V s. H. 11/1966, S. 527; Teil VI s. H. 12/1966, S. 570

(Schluß von S. 38)

- [6] SKALWEIT, H.: Schlepperanbaugeräte und Regelungsfragen. Technik und Landwirtschaft (1962) H. 14, S. 338 bis 344
  - [7] OEHRING, J.: Welches Regelsystem für die Hydraulik? Landtechnik (1962) H. 18, S. 661 bis 662
  - [8] SKALWEIT, H.: Regelnde Kraftheber zwischen Wunsch und Wirklichkeit. Landtechnik (1963) H. 18, S. 574 bis 578
  - [9] MOLLY, H.: Die Schlepperhydraulik und die Wechselbeziehungen zwischen Schlepper und Pflug bei der Regelung der Arbeitstiefe. Grundlagen der Landtechnik (1963) H. 17, S. 28 bis 37
  - [10] REHRL, K.: Gleichmäßige Furchentiefe — Was bringt die Regelhydraulik? Praktische Landtechnik (1963) H. 20, S. 395 bis 397
  - [11] WEPFER, K.: Was bietet uns die Regelhydraulik? Der Traktor (1964) H. 2, S. 75 bis 86
  - [12] SEIFERT, A.: Die Regelsysteme bei hydraulischen Krafthebern für Ackerschlepper aus der Sicht der Regeltechnik. Landtechnische Forschung (1961) H. 4, S. 97 bis 100
  - [13] ZOMBORI, J.: Kenndaten und Probleme der Regelhydraulik von Schleppern. Jarmítvek Mezőgazdasági Gépek (Fahrzeuge und Landmaschinen), Budapest (1964) H. 11, S. 401 bis 412
- (Fortsetzung im nächsten Heft) A 6639

Auswertung der erzielten Ergebnisse wurden je 3 Kettenspanner der Ausführung B und C in Staubatmosphäre erprobt. Die Untersuchungen erstreckten sich auf die Ermittlung der Abnutzung an den Kettenradzähnen und der Lagerstelle. Da beim Einsatz von Plasten, insbesondere Thermoplasten, als Lagermaterial der Betriebstemperaturbereich nicht höher als  $60$  bis  $70^\circ\text{C}$  betragen sollte, erfolgten an der Ausführung B Temperaturmessungen in der Laufbolzenmitte. Nachdem der Versuchsstand positive Ergebnisse, insbesondere mit der Ausführung C erbrachte, führten wir als Breitenversuch noch weitere Erprobungen mit Kettenspannern in der Praxis durch. Zur Ergänzung und Vervollständigung der Ausführung C wurde noch eine vereinfachte Konstruktion entwickelt (Ausführung D), die ebenfalls mit der für die Praxisuntersuchungen vorgesehen war.

Die Kettenspanner für die Praxiserprobungen baute man in Kettentriebe des Mähdeschers E 175 und des Kartoffelsortierers K 711 ein. Keilriemenspanner mit einem Aufbau nach Ausführung C wurden im Saatgutbereiter „Gigant“ eingesetzt. Die Praxisversuche erfolgten mit Unterstützung des Landwirtschaftlichen Versuchswesens beim Landwirtschaftsrat der DDR, Nordhausen (Mähdescher) und des VEB Weimar-Werk (Kartoffelsortierer).

Die in den genannten Maschinengruppen erprobten Spanner waren unterschiedlichen Bedingungen ausgesetzt (Tafel 10). An ihnen wurden analoge Verschleißmessungen wie im Laborbetrieb ausgeführt.

#### Untersuchungsergebnisse im Laborbetrieb

Die Begutachtung des Verschleißverhaltens der Kettenradzähne ergab eine sehr geringe Abnutzung der Zahnflanken. Sie war zum Teil so gering, daß die durch das Fräsen entstandenen Bearbeitungsriefen nach einer 250stündigen Laufzeit in Staubatmosphäre noch zu sehen waren.

Um die im Laborbetrieb an den Lagerstellen entstandenen Spielvergrößerungen mit den Abnutzungserscheinungen der in der Praxis gelaufenen Kettenspanner vergleichen zu können, wurde die Spielvergrößerung, auf 100 Stunden Laufzeit bezogen, gegenübergestellt. Es wurde dabei die Annahme getroffen, daß der Verschleiß in der Bohrung und an der Lauffläche des Bolzens linear mit der Betriebsstundenzahl zunimmt. Diese Annahme war erforderlich, da nur Anfangs- und Endmessungen vorgenommen wurden. Bei der Ausführung A wurde in erster Linie die Abnutzung der Kettenradzähne mit und ohne Staubatmosphäre untersucht. Es erfolgte deshalb auch keine Messung an der Lagerstelle. Allgemein ist dazu festzustellen, daß der ohne Staubatmosphäre erprobte Kettenspanner nur geringen Verschleiß in der Radbohrung und an der Bolzenlauffläche aufwies. Das in der Staubatmosphäre gelaufene Rad zeigte dagegen starke Verbrennungserscheinungen in der Bohrung des Radkörpers. Die aufgetretenen Temperaturen waren so hoch, daß ein Aufschmelzen des Polyamids auf den Bolzen erfolgte — analog dem Flammstanzverfahren mit Plasten. Die aufgebrauchte Schicht hatte keine gleichmäßige Dicke, sondern war mit Rillen und Riefe durchsetzt, so daß keine glatte Lauffläche mehr vorhanden war.

Diese Erscheinung wurde bei der Ausführung B nicht festgestellt. Es trat reiner Verschleiß in der Bohrung und am Laufbolzen auf. Die dadurch eintretende Lagerspielvergrößerung der drei Versuchsräder bewegte sich zwischen  $0,11$  bis  $0,33 \text{ mm}/100 \text{ h}$  (Bild 26). Nach der Demontage der gelaufenen Kettenspanner war noch genügend Schmierfett in den Hohlräumen zwischen Dichtelementen und Radkörper vorhanden; jedoch war festzustellen, daß das Schmiermittel eine starke Dunkelfärbung aufwies, was auf ein Eindringen von Staubeilchen und eine Aufnahme von Abriebeilchen schließen