

Die Schlepperhydraulik und die Wechselbeziehungen zwischen Schlepper und Pflug bei der Regelung der Arbeitstiefe

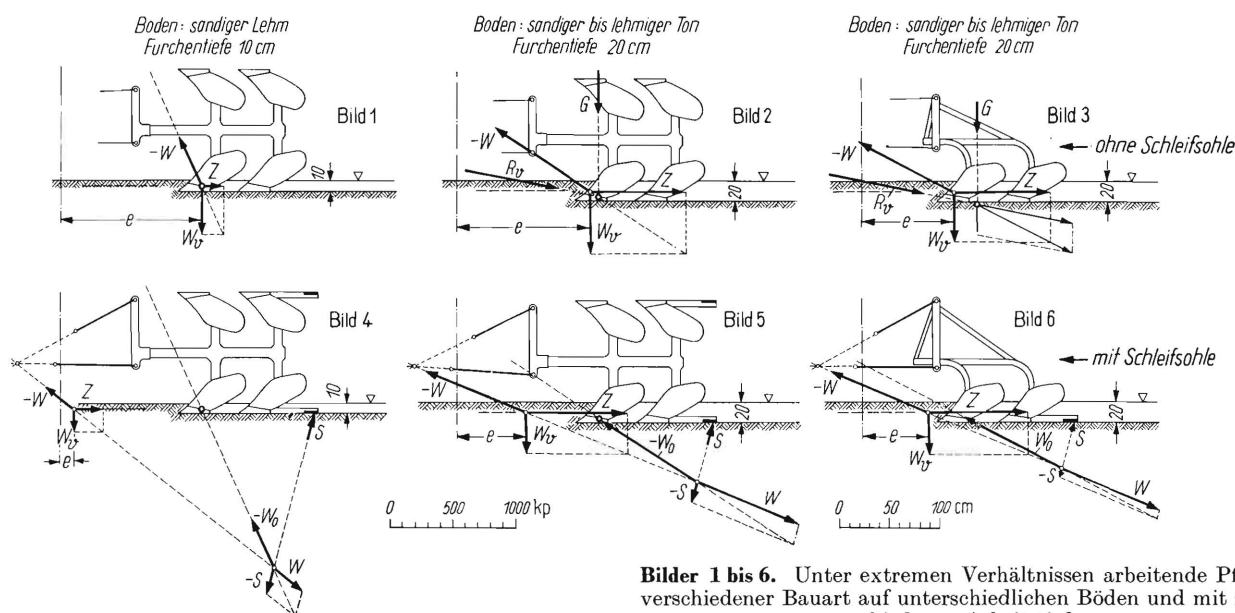
Von **Hans Molly**, Malsch

Die Kombination Schlepper-Pflug hat zu einer Einheit geführt, die in ihrer Funktion über das hinausgeht, was früher die Kombination Zugtier-Pflug darstellte. Der Schlepper ist durch den Zusammenbau mit Pflug und anderen Geräten zu einer Bodenbearbeitungsmaschine geworden. Um die Verbindung von Maschine und Werkzeug in einer für den Arbeitsgang vorteilhaftesten Weise vorzunehmen, haben sich zwei verschiedene Verfahren herausgebildet. Das eine geht davon aus, den Pflug genau wie vorher hinter dem Gespann selbsttätig auf Tiefe gehen zu lassen, die Führungsmittel jedoch so zu verbessern, daß er einer besonderen Bedienung entbehren kann. Das andere Verfahren sucht nach einer Lösung, den Pflug mit Hilfe besonderer Reglerglieder vom Schlepper aus in der richtigen Arbeitstiefe zu halten.

Maßgebend für beide Verfahren sind die Kräfte, die vom Boden aus auf den Pflug und vom Pflug auf den Schlepper wirken. Durch die Untersuchungen, die vor über einem Jahrzehnt in Völknerode [1 bis 6] gemacht wurden, sind die betrieblichen Verhältnisse des Pfluges während des Ganges durch den Boden geklärt worden. Für die Befestigung am Schlepper lag als Beispiel der sogenannte Dreipunktanbau vor, wie er von Ferguson für den Anbau seiner Pflüge verwendet wurde. Das zu diesem

Das andere Verfahren, den Pflug vom Schlepper aus auf Tiefe zu regeln, ist von Ferguson seit Jahrzehnten untersucht und in der Praxis eingeführt worden. Ferguson bediente sich hierbei eines hydraulischen Reglers, der den Pflug in der jeweiligen Arbeitstiefe in Abhängigkeit vom Zugwiderstand des Pfluges halten soll. Voraussetzung für dieses Verfahren ist eine ausreichende Homogenität des Bodens, weil Zugkraft und Arbeitstiefe nur über den Arbeitswiderstand des Bodens in Beziehung gebracht werden können. Ferguson hat es hierbei, wie sich später noch zeigen wird, verstanden, die vertikal nach unten wirkenden, vom Pflug herkommenden Kräfte auf die Triebachse des Schleppers zu übertragen, um hohe Zugleistungen bei geringem Schleppergewicht zu verwirklichen.

Die Ferguson-Entwicklung war darauf abgestellt, sowohl den Schlepper als auch den Pflug den Forderungen entsprechend aufeinander abzustimmen. Durch die geschaffene Einheit beider Elemente war ihm ein großer zeitlicher Vorsprung, vor allem gegenüber den in Deutschland bestehenden Verhältnissen gegeben, wo Schlepper und Pflug mehr oder weniger unabhängig nebeneinander bestanden. Infolge der fehlenden Erfahrungen mit Regelhydrauliken konnte sich der schwimmende Pflug in



Bilder 1 bis 6. Unter extremen Verhältnissen arbeitende Pflüge verschiedener Bauart auf unterschiedlichen Böden und mit zwei verschiedenen Arbeitstiefen.

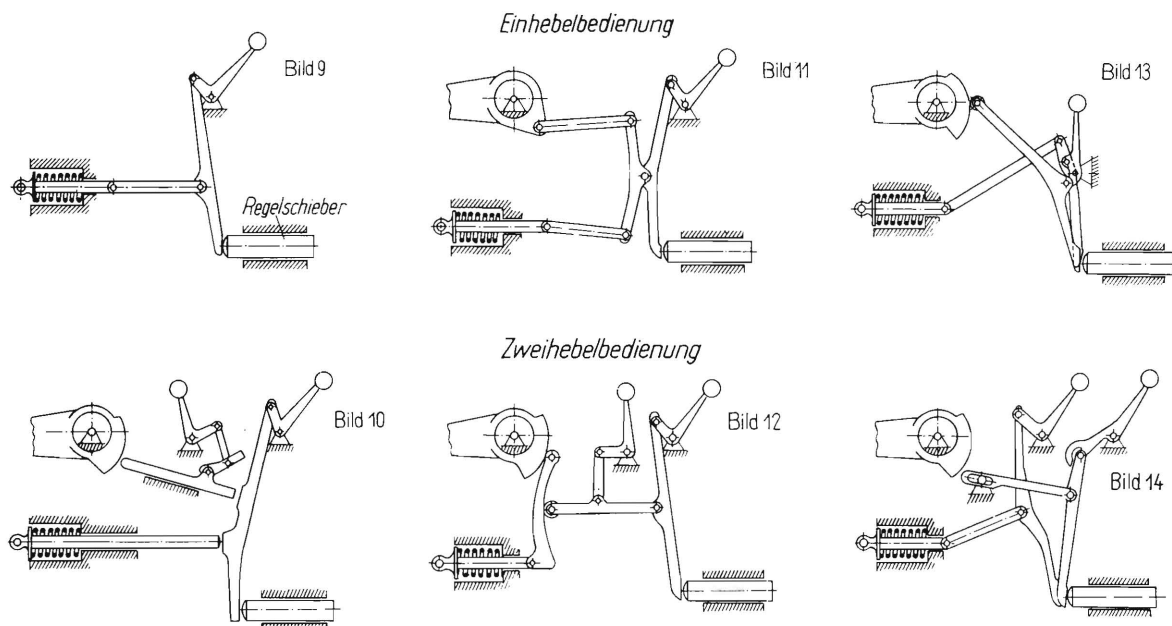
Bild 1, 2 und 3: Pflüge ohne Schleifsohle starr am Schlepper
Bild 4, 5 und 6: Pflüge mit Schleifsohlen am Dreipunktanbau; Kraftheber und Gelenkviereck in Schwimmstellung

Dreipunktanbau gehörende Gestänge konnte für die Führung eines frei im Boden gehenden Pfluges mit nur geringen Abwandlungen übernommen werden, nachdem über die geeignete Lage des Grindelaufhängepunktes, der durch den Schnittpunkt der Verlängerungslinien der oberen und unteren Lenker in der Seitenprojektion gegeben ist, Klarheit geschaffen war.

Die schwerer gewordenen Arbeitsgeräte, vor allem die Drehpflüge, können mit diesem ideellen Grindelaufhängepunkt, der zwischen den Schlepperachsen liegt, nur dann arbeiten, wenn durch die Art der Führung des Pfluges das erhöhte Gewicht unmittelbar auf den Boden übertragen wird, womit eine Vergrößerung des Pflugwiderstandes verbunden ist, was einer Verringerung der Zugleistung des Schleppers gleichkommt. Dies ist ein schwerwiegender Nachteil des Systems der freischwimmenden Pflüge, bei denen der Kraftheber in Schwimmstellung ist.

Deutschland bis in die jüngste Gegenwart halten. Die Gegenüberstellung beider Verfahren und die Erläuterung der Regulierungseinrichtungen zum Betätigen der tiefenregulierten Pflüge sind Gegenstand dieser Abhandlung.

Die **Bilder 1 bis 6** zeigen in sechs Darstellungen zwei verschiedene Pflüge auf verschiedenem Boden in verschiedener Arbeitstiefe laufend, so daß extreme Arbeitsverhältnisse auftreten. Die in Bild 1 bis 3 gezeigten Pflüge sind als am Schlepper starr befestigt anzusehen, während die in den Bildern 4 bis 6 gezeigten an der Koppel eines Gelenkviereckes angebracht sind. Auf die Pflüge wirken die vom Eigengewicht G und vom Bodenwiderstand R_v herrührenden Kräfte. Sie greifen mit der resultierenden Kraft W auf der Wirkungslinie an (Bild 3). Die in Bild 4 bis 6 dargestellten Pflüge müssen sich selbst auf Tiefe halten und haben dazu u. a. eine Schleifsohle, deren Wirkung auf



Bilder 9 bis 14. Übertragung der Regelgrößenabweichung auf den Regelschieber der Hydraulik bei Zugwiderstands-, Lage- und Mischregelungssystemen.

Bild 9. Ferguson: Einfachsystem für Zugwiderstandsregelung
Bild 10. Ford Dearborn: Getrennte Bedienung von Zugwiderstands- und Lageregelung mittels eines Umschalthebels für die Lageregelung
Bild 11. US-John Deere: Gemeinsame Bedienung der Mischung von Zugwiderstands- und Lageregelung (Mischregelung)

Bild 12. J. Deere-Lanz: Getrennte Bedienung der Mischregelung durch Veränderung des Mischverhältnisses zwischen Zugwiderstands- und Lageregelung
Bild 13. Ferguson 25 PS: Getrennte Bedienung der Zugwiderstands- und Lageregelung mittels Zweigehebel
Bild 14. Ferguson 35 PS: Unabhängige Bedienung der beiden Regelungssysteme

regeln, sondern auch andere Größen in die Regelung mit einzubeziehen. Die **Bilder 9 bis 14** zeigen dazu einige Beispiele.

Die ursprüngliche Ausführung von Ferguson hatte eine Einhebelbedienung, die in die Übertragung zwischen dem Gestänge mit der belasteten Regelfeder und dem Regelschieber, der schematisch angedeutet ist, eingreift, um den Sollwert der Regelgröße festzulegen. Bild 9. Diese auf den Zugwiderstand des Pfluges eingehende Regelung wird als Zugwiderstandsregelung (draft control) bezeichnet. Schon das erste von Ford Dearborn in den Handel gebrachte Fergusongerät hatte einen Zusatz, mit dem die Stellung des Pfluges zum Schlepper fixiert werden kann. Bild 10. Ein besonderer Hebel macht diese Lageregelung (position control) zu- und abschaltbar. Im zugeschalteten Zustand dieser Lageregelung kann der Pflug oder auch ein anderes Gerät durch den eigentlichen Bedienungshebel in einer gewünschten Stellung zum Schlepper unter oder auch über der Ackeroberfläche gehalten werden. Die Zugwiderstandsregelung kann bei Überlastung durch Zusammendrücken der Meßfeder das Gerät anheben. Bei Wegschalten der Lageregelung bleibt diese noch so weit in Wirkung, daß z. B. beim Durchfahren einer Sandader der Pflug nicht unerwünscht tief läuft, sondern sich an der knapp unterhalb der Zugwiderstandsregelung liegenden Lageregelung abstützt.

Diese Art der Regelung hat viel Interesse gefunden. John Deere hat in seinen amerikanischen Geräten eine Kombination von Lage- und Zugwiderstandsregelung über ein Hebeldifferential vorgenommen, auf das gleichzeitig auch noch die Sollwert-eingabe wirkt. Diese Mischung ermöglicht beim Pflügen eine Zugwiderstandsregelung mit einer zusätzlichen, sehr schwachen Lagerregelung, die mildernd auf die Zugwiderstandsregelung einwirkt. Bei Geräten, die über der Erde auf Höhe eingeregelt werden, ist die Zugwiderstandsregelung wegen der im oberen Lenker umgekehrt wirkenden Kräfte außer Wirkung und nur die Lageregelung in Funktion. Bemerkenswert ist die Einhebelbedienung dieses Systems, Bild 11. In der deutschen John Deere-Lanz-Ausführung ist eine gleichartige Mischung von Lage- und Zugwiderstandsregelung vorhanden, Bild 12. Ein zusätzlicher Hebel gestattet jedoch, den Einfluß der beiden Größen zu verändern. Um die richtige Wahl der Einstellung zu erleichtern, ist der Umschalthebel nur in die beiden Endstellungen und in eine mittlere Stellung einzurasten.

Ferguson hat in seinen Schleppern zwei Bedienungshebel vorgesehen, die es ermöglichen, unabhängig voneinander die Lage- und die Zugwiderstandsregelung wirken zu lassen. Auf diese Weise kann die Zugwiderstandsregelung während der gesamten Pflugarbeit in einer festen Einstellung gehalten werden und das Ausheben des Gerätes am Ende des Pflügvorganges der Lageregelung überlassen bleiben, Bild 14. Die außerordentlich feinfühligkeitige Regelung läßt sich durch eine besondere Senkdrossel einseitig dämpfen, so daß der im Boden arbeitende Pflug nur langsam auf größere Tiefe gehen, aber schnell zurückgezogen werden kann. Zu diesem Zweck ist der Hebel für die Lageregelung mit einer Gelenkbegrenzung versehen, mit deren Hilfe der Steuerschieber nur eine bestimmte Drossellage beim Senken einnehmen kann.

Schließlich hat Ferguson noch eine neue Lösung der Kombination in seinem MF 25 gebracht, bei der eine Einhebelbedienung Zugwiderstands- und Lageregelung beherrscht, Bild 13. Hierbei wird der Hebel aus der Neutralstellung in der einen Richtung zur Zugwiderstands- und in der anderen Richtung zur Lageregelung bewegt.

Es wurde gezeigt, wie der Öldruck im Zylinder des Krafthebers bestimmbar und wie die Bewegung des Reglergestänges durch eine vom Zugwiderstand und der Lage des Gerätes abhängige Regelung zu beeinflussen ist. Das Reglergestänge muß nun mit Hilfe einer hydraulischen Einrichtung das Ölvolume im Zylinder vergrößern und verkleinern. Grundsätzlich ist dies mit einem einfachen Steuerschieber möglich, der das von einer Pumpe kommende Öl dem Zylinderraum vor dem Kolben zuführt oder aus diesem wieder herausläßt.

Ferguson hat bereits im Jahr 1925 die Idee für eine solche Regelung aufgenommen. **Bild 15** zeigt einen Teil des Gestänges e des Meßwerkes mit der Regelfeder f, die den augenblicklichen Wert der Regelgrößenabweichung mißt. Das Gestänge e wirkt auf eine Einlochsteuerung mittels eines Verschlußstückes 1. Das von einer Kolbenpumpe 2 über die Druck- und Saugventile 3 und 4 kommende Öl wird durch das Verschlußstück 1 bei zu großem Zugwiderstand zurückgestaut, so daß der Pflug sich anhebt; bei zu niederem Zugwiderstand tritt das Öl über das Verschlußstück 1 aus dem Zylinder aus, wodurch der Pflug auf größere Arbeitstiefe geht. Mit dem Einstellhebel 5 kann der Sollwert der Regelgröße verändert werden.

Diese ursprüngliche Idee Ferguson's hat verschiedene Mängel. Einmal ist das Öl im Zylinder nicht fest abgeschlossen, sondern wird mit einem bestimmten Druck unter dem Kolben gehalten, so daß der Pflug auf diesem Ölpolster schwimmend in Schwebelage gehalten wird. Dieser Zustand kann leicht zum Pendeln des Pfluges führen. Zum anderen wird bei dieser Anordnung das gesamte von der Kolbenpumpe geförderte Öl über das Verschlußstück 1 unter dem Arbeitsdruck wieder abgelassen und erwärmt sich dementsprechend sehr stark.

Ferguson hat sich über ein Jahrzehnt mit diesem Problem beschäftigt, bis er im Jahre 1936 seine klassische Lösung nach Bild 16 gefunden hat. Die grundsätzlichen Bauelemente sind geblieben, aber die Drosselsteuerung wurde ausgeschaltet und an ihrer Stelle über einen Kolben 1 eine saugseitige Drosselung der Pumpe eingefügt. Das Ventil 2 kann nur die Ölmenge aufnehmen, die am Schieber 1 vorbeifließen kann. Bei größerem Druck auf die Feder *f* wird auch ein größerer Querschnitt freigegeben, wobei eine größere Ölmenge durch das Druckventil 3 unter den Kolben gefördert wird; das Gerät bewegt sich aufwärts. Bei einer Verringerung der Federkraft gibt der Schieber 1 einen Querschnitt in der Ölleitung frei, dergestalt, daß das Öl aus dem Arbeitszylinder abfließen kann, bis die Federkraft wieder den Sollwert erreicht hat. Der Pflug ist durch die im Zylinder eingeschlossene Ölmenge schlepperfest gehalten und der Gefahr der Pendelung nicht ausgesetzt. Die Saugdrosselung verhindert die Erwärmung des Ölstromes. Ford-Dearborn-Schlepper haben diese Tiefenregelung in der Welt bekanntgemacht.

Nach Lösen von Ferguson hat sich Ford-Dearborn mit einer anderen Regelung befafßt, Bilder 17 bis 19. Es wurde an Stelle der Kolbenpumpe eine billigere Zahnradpumpe als Energiequelle gewählt. Die Regelung mußte dabei das Prinzip des schlepperfesten Pfluges verwirklichen, und es mußte auch dafür gesorgt werden, daß während des Betriebes keine unerwünschte Erwärmung auftrat. Ein normaler Regelschieber ist für eine solche Regelung nicht geeignet, da der Rückföhrvorgang ein druckloses Abschalten der Pumpe nicht zuläßt. Ford hat einen hydraulischen Sprungschalter eingebaut, mit dem dieser Nachteil vermieden wird.

Bild 19 zeigt nun eine Zahnradpumpe und einen an einem Bypaß 4 vorbeifließenden Ölstrom, der einen Sprungschalter 2 passiert und an einem Vorspannventil 3 unter etwa 1 bis 2 atü gesetzt wird. Dieser Vorspanndruck hält den Sprungschalter 2 in der links gezeichneten Stellung. Wird der Steuerschieber 1 von den bekannten Kräften im oberen Lenker des Gelenkviereckes nach links bewegt, wie dies in Bild 17 in der Stellung „Heben“ gezeigt ist, so tritt das Öl bei 5 auf die andere Seite des Sprungschalterkolbens und bewegt diesen so weit nach rechts, daß er den Abfluß des Öles bei 6 sperrt. Nunmehr tritt über ein Rückschlagventil 7 das Öl in den Zylinder und drückt den Kolben aufwärts, bis die Spannung der Feder *f* so weit nachläßt, daß die linke Seite des Sprungschalters wieder drucklos wird. In diesem Augenblick schnellert der Sprungschalter wieder in die gezeichnete Ausgangsstellung 8 zurück und das Gerät bleibt auf der augenblicklichen Arbeitstiefe stehen — Bild 18, Stellung „Neutral“. Bei stark entlasteter Feder — Bild 19, Stellung „Senken“ —

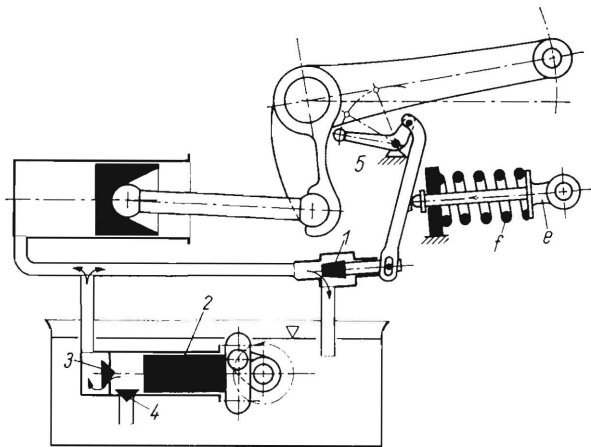


Bild 15. Hydraulisch gefederter, auf Tiefe ziehender Pflug (Ferguson 1925).
Zugwiderstandgesteuerte Drossel in der Ölleitung. Wärmeentwickelnde, zur Pendelung des Pfluges neigende Tiefenregelung

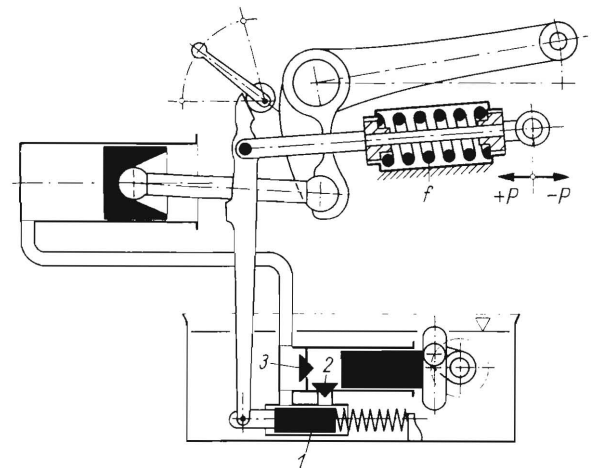


Bild 16. Hydraulik (Ferguson 1936) eines schlepperfesten, auf Tiefe ziehenden Pfluges.
Kolbenpumpe mit Saugdrosselung; stufenlose, verlustlose, rückstaufreie Tiefenregelung

fließt das Öl aus dem Arbeitszylinder in den Behälter zurück, bis der Zugwiderstand den Steuerkolben 1 in die „Neutral“-Stellung zurückgeschoben hat, in der der Zylinder abgeschlossen ist und der Arbeitskolben den Pflug (relativ zum Schlepper) festhält. Das Bypass-Ventil 4 ist einstellbar und kann so eingeregelt werden, daß die Hubvorgänge nicht zu heftig werden. Das sprungschaltende System von Ford hat wie Ferguson einen geschlossenen Zylinder. Eine Erwärmung wird durch sprunghaftes Zuschalten

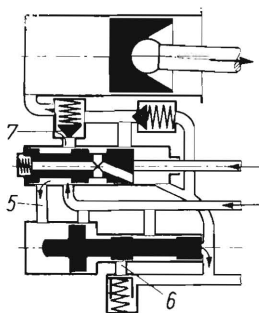


Bild 17: Heben

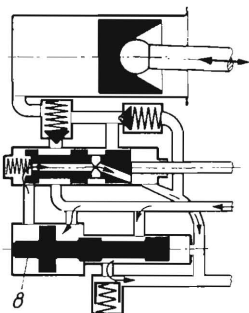


Bild 18: Neutral

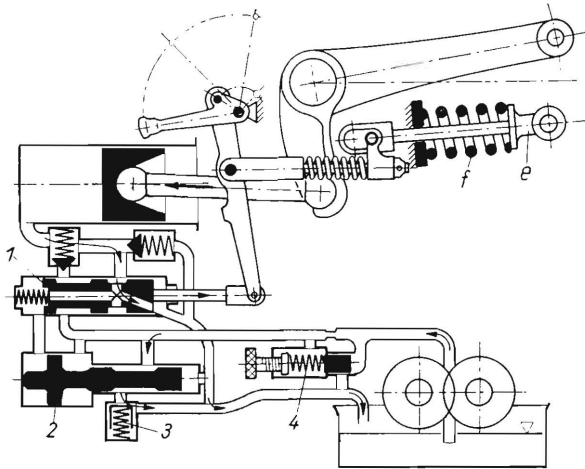


Bild 19: Senken

Bilder 17 bis 19. Hydraulik (Ford-Dearborn 1953) eines schlepperfesten, auf Tiefe ziehenden Pfluges.
Sprungschalter mit Differentialkolben. Verlustarme, rückstaufreie Tiefenregelung

und Freigeben des Kreislaufes vermieden (sehr niedrige Leistungsverluste).

Das Prinzip des Sprungschalters ist in verschiedenen anderen Lösungen (John Deere, Fiat u. a.) verwirklicht worden. Die **Bilder 20 bis 22** zeigen eine Modifikation der vorher beschriebenen Ausführung, bei der das Vorspannventil und der Sprungschalter in einem gemeinsamen Schaltventil 1 zusammengefaßt sind. Bild 22. Das Ventil 1 wird durch eine Feder so gegen den Ventil-sitz gedrückt, daß der Ölstrom nur bei einem ausreichenden Vorspanndruck durchströmen kann. Sobald der Steuerschieber 2 unter dem Einfluß einer größeren Kraft des oberen Lenkers nach links bewegt wird, sperrt er den Federraum bei 3 ab (Bild 22) und läßt schließlich das Öl mit dem Vorspanndruck bei 4 (Bild 20) in diesem Raum eintreten, so daß das Ventil 1 unter dem Einfluß der Feder und seiner größeren Kolbenfläche sich schließt. Das Öl tritt jetzt über das Rückschlagventil 5 in den Arbeitszylinder ein und bewegt den Kolben vorwärts, Bild 20 — Stellung „Heben“. Der Steuerschieber 2 wird von der Feder f infolge des nun geringer werdenden Zugwiderstandes so weit zurückgeschoben, bis das Öl aus dem Federraum bei 6 austreten kann. Bild 21 — „Neutral-Stellung“. Bei weiterem Rückgang des Zugwiderstandes ist in Bild 22 zu erkennen, daß das Aufstoßventil 5 unter dem Einfluß einer auf dem Steuerschieber befindlichen Kurve geöffnet wird und das Öl unter Absenken des Pfluges zum Behälter zurückläuft. Hierbei muß das abfließende Öl den vorgespannten Ölstrom durch eine gewisse Vorlast auf dem Kolben überwinden. Es wird auch, um die Wirkung dieser Vorlast zu unterdrücken, eine kräftige Feder an dem Heberarm angebracht, die diesen abwärts, dem Vorspanndruck entgegen, bewegt.

In der Stellung „Neutral“, in Bild 21, ist die Federkammer des Sprungschalterkolbens 1 durch den Steuerschieber 2 bei 6 etwas geöffnet, wodurch der Sprungschalterkolben bei 7 das Ventil so weit öffnet, daß der Pumpenkreislauf mit einem Vorspanndruck von 1 bis 2 atü fließt. Das Ventil 5 ist durch eine Feder geschlossen und der Arbeitskolben unbeeinflußt vom Vorspanndruck des Öles. In der Stellung „Senken“ wird das Ventil 5 durch die Kurve auf dem Steuerschieber 2 aufgestoßen und das unter dem Kolben befindliche Öl vom Gerätgewicht herausgedrückt.

Die Anlage John Deere ist nicht nur wegen der Vereinfachung bemerkenswert, es ist bei ihr auch an Stelle einer Kolbenschieberdichtung ein Ventilsitz angeordnet, der verhältnismäßig leicht dicht gemacht werden kann. Die vorher gezeigte Anlage von Ford dagegen hat einen Steuerschieber, bei dem die Dichtigkeit durch Passungsauswahl erreicht worden ist. Es wird in fünf Bohrungs- und Wellen-Gruppen eine Paarung vorgenommen, mit deren Hilfe eine hochqualifizierte Dichtung erreicht wird. Die Frage, ob die eine oder andere Ausführung die richtige ist, ist eine Frage der Werkstatteinrichtungen und der Organisation des Fertigungsverfahrens. Große Mengenfertigung macht einen Austausch leicht möglich und das Verfahren dadurch wirtschaftlich interessant.

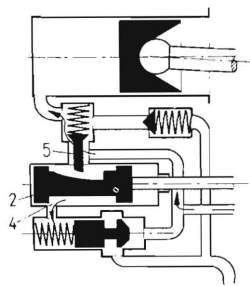


Bild 20: Heben

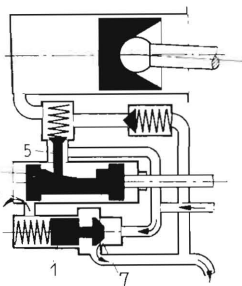


Bild 21: Neutral

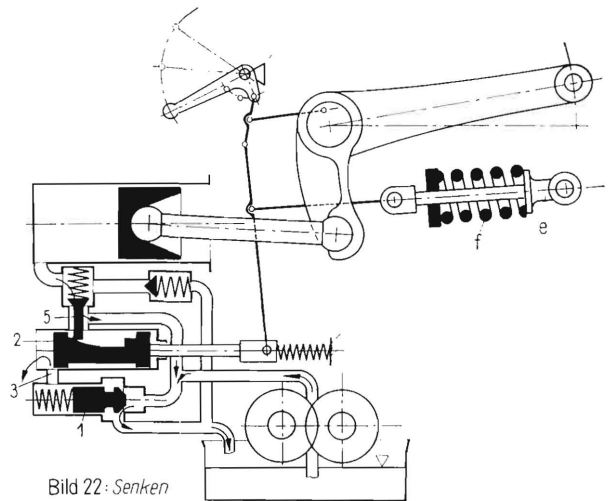


Bild 22: Senken

Bilder 20 bis 22. Hydraulik (John Deere, Fiat u. a.) eines schlepperfesten, auf Tiefe ziehenden Pfluges. Sprungschalter, federschließendes Ventil. Verlustarme, rückstauende Tiefenregelung

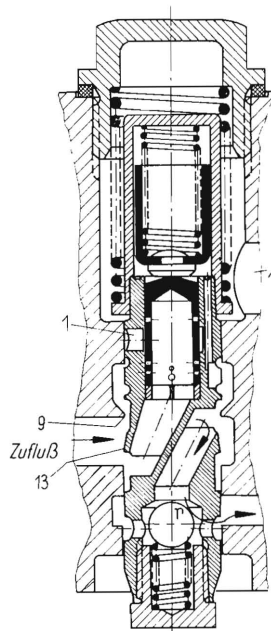


Bild 23: Heben

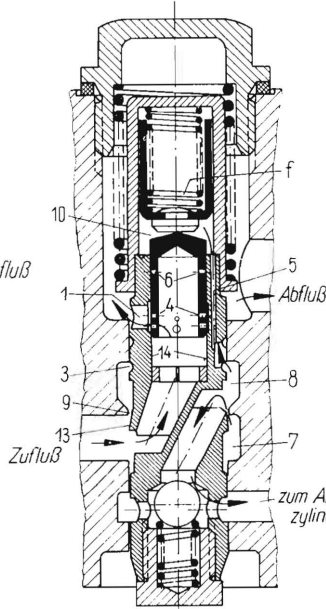


Bild 24: Regeln

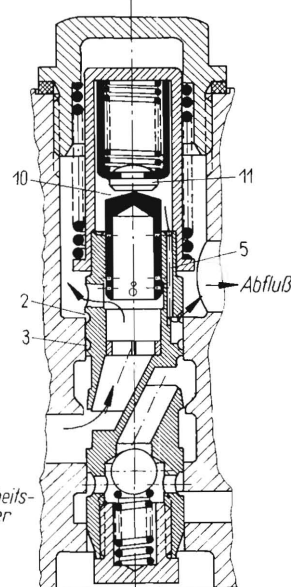


Bild 25: Neutral

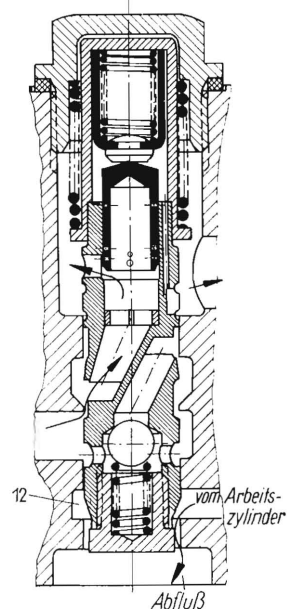


Bild 26: Senken

Bilder 23 bis 26. Hydraulikanlage mit regelndem Sprungschalter (Molly). Schaltstellungen.

Der soeben beschriebene Sprungschaltervorgang sichert in allen Fällen ein Abschalten der Anlage, weil die Rückführung ohne unmittelbaren Einfluß auf den Schaltvorgang ist. Leider ist bei diesen Systemen aber die Stellgeschwindigkeit nicht mehr von der Größe des Impulses bzw. der Schieberstellung abhängig, so daß der Regler in Richtung Heben nur noch als 2-Punkt-Regler arbeitet. Die **Bilder 23 bis 26** zeigen nun eine Anlage mit Sprungschalter, bei der auch auf den Regelvorgang Rücksicht genommen worden ist, indem in Abhängigkeit von der Stellung des Steuerschiebers bzw. der Größe des Regelimpulses der dem Gerät zufließende Ölstrom regelbar ist. Die Dosierung muß über den dem Zylinder zufließenden Ölstrom selbst erfolgen, und es muß eine Regelung dieses Ölstromes vorgenommen werden, die unabhängig vom Arbeitsdruck ist.

Die vier Schieberstellungen in den Bildern sind an der Lage des unteren Schieberendes zu erkennen. Die Stellung „Regeln“ (Bild 24) zeigt den Schieber in seiner Funktion der Stromteilung. Ein Ölstrom fließt durch die Öffnungen 4 und Auslaßöffnungen 1 zum Abfluß. Ein zweiter Ölstrom fließt von der Kammer 7 durch die Meßdrossel 9/13 nach der Kammer 8 und von da aus an der Kugel vorbei zum Arbeitszylinder. Eine Ringnute 3 steht über die Leitung 5 mit der Kammer 10 in Verbindung und schafft Kraftgleichgewicht zwischen dem Zuflußdruck und dem Arbeitsdruck zum Zylinder + der Feder *f*. Das Gleichgewicht spielt sich feinfühlig ein, da die sektantial angeordneten Bohrungen 4 den Kolben in Rotation versetzen. Durch Verschieben des Steuerschiebers im Regelbereich verändert sich der Querschnitt der Meßdrossel 9/13 und damit die Arbeitsgeschwindigkeit des Zylinders.

In der Stellung „Heben“ (Bild 23) ist die Meßdrossel 9/13 weit geöffnet und durch Schließen der Bohrungen 1 das Gerät ohne Nebenstrom auf „Vollheben“ geschaltet. In der Stellung „Neutral“ (Bild 25) hat sich die Ringnute 3 geschlossen und die Kammer 10 wird über die Leitung 5 und die Ringnute 2, die auf die Auslaßseite hin öffnet, drucklos gemacht, so daß der Regelkolben 11 in die Leerlaufstellung zurückspringt, in der er dem Zulauf einen geringen Vorspanndruck dank der Feder *f* erteilt. Die Stellung „Senken“ (Bild 26) verändert an dieser Situation nichts, als daß der Raum 12 über drosselnde Kanten mit dem Abfluß verbunden wird.

Bild 27 zeigt ein Beispiel für den Einbau des vorstehenden Ventilsystems in ein Anflanschgerät. Die Funktionen des Schiebers sind bekannt. Es ist hier zusätzlich ein Sicherheitsventil mit dem Schieber zusammengeschaltet worden, das beim Ansprechen sein Öl in das Schiebergehäuse austreten läßt, wodurch der in „Heben“ befindliche Steuerschieber auf Halt zurückgeht. Die Feder 10 drückt den Steuerschieber in Richtung „Heben“ und ein Bedienungshebel 1 wirkt dem entgegen. Die Bewegungen des Bedienungshebels 1 gehen gleichsinnig mit der Welle 8 mit, die den Istwert von der Zugwiderstands- oder Lageregelung her

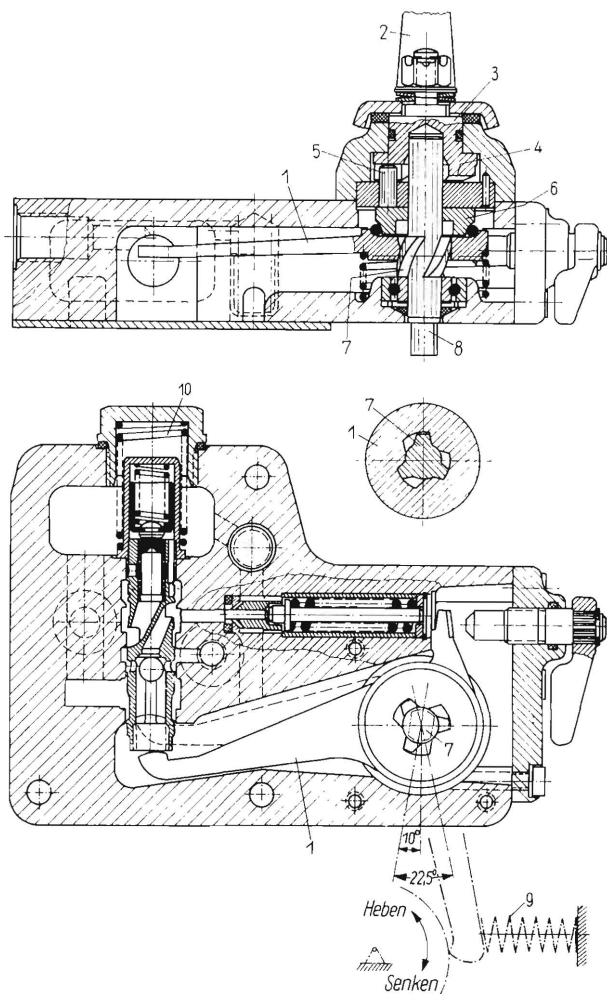
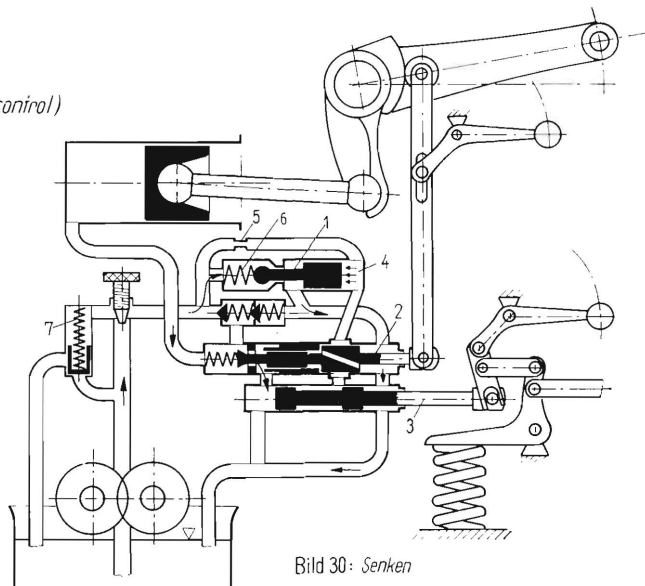
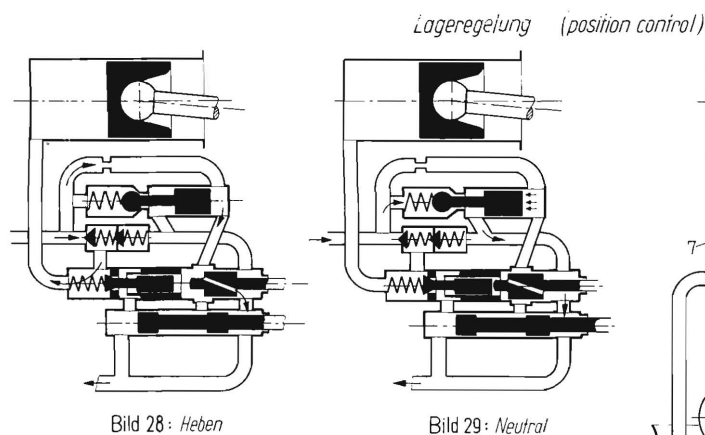


Bild 27. Anflanschgerät mit der Hydraulikanlage Molly.

bekommen. Schraubförmige Keile 7 übertragen die Werte der Welle 8 auf den Hebel 1. Der Sollwertgeber 2, der auf der konzentrischen Welle 3 gelagert ist, kann über die schrägen Nocken 4 und die Stößel 5 eine Druckplatte 6 gegen den Hebel 1 bewegen, wobei der Sollwert über die Schraubensteigung auf 1 überlagert eingegeben wird. Eine Feder 9 innerhalb des Impulsstanges sorgt für seine Anlage am Istwert. Sie ist in ihrer Wirkung stärker als die Feder 10. Durch diese Mehrfachfeder ist das Gerät von



Bilder 28 bis 33. Schaltstellungen bei Hydraulikanlage International B - 414.
Druckbeeinflusstes Aufstoßventil. Verlustarme, rückstaufreie Tiefenregelung

Zugwiderstandsregelung (draft control)

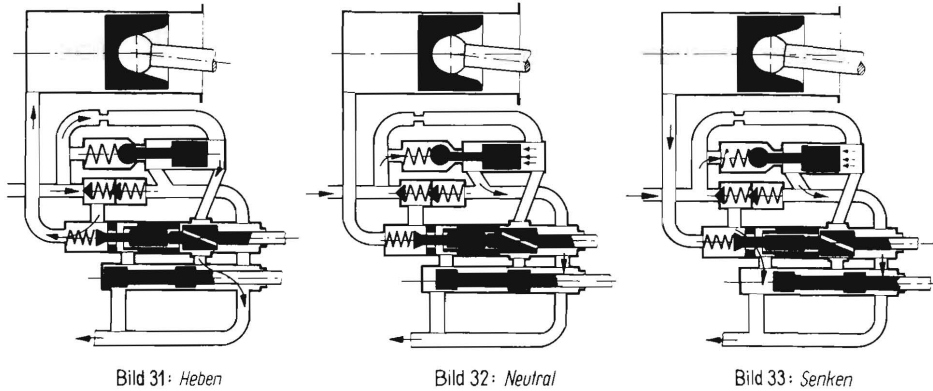


Bild 31: Heben

Bild 32: Neutral

Bild 33: Senken

(Bildunterschrift zu diesen Bildern siehe Seite 33 unten)

allen äußeren beschädigenden Einflüssen freigehalten. Die hier gezeigte Anlage erfüllt alle Forderungen regeltechnischer und energetischer Natur. Sie gibt die Möglichkeit, die nicht regelbare Zahnradpumpe mit einem Regelsystem so zusammenzuschalten, daß funktionell praktisch das Gleiche herauskommt wie mit einer regelbaren Pumpe.

Die nächsten Bilder sollen nun zeigen, welche Entwicklungen in den letzten Jahren gemacht worden sind, um vom Sprungschalter freizukommen. Die **Bilder 28 bis 33** zeigen die Anlage von International, bei der an Stelle des Sprungschalters ein Aufstoßventil 1 gesetzt wurde. Es wird betätigt durch zwei Steuerschieber (Schieber 2 für die Lage- und Schieber 3 für die Zugwiderstandsregelung), indem diese einen hinter dem Aufstoßventil 1 befindlichen Ölraum 4 absperren (Bild 30). Durch eine Drosselstelle 5 fließt dann Pumpenöl in diesen Raum 4 ein und drückt den Kolben des Aufstoßventils entgegen der Wirkung der Feder 6 vor, so daß das Ventil geöffnet bleibt. Wird einer der Schieber 2 oder 3 so bewegt, daß das in der Kammer 4 befindliche Öl abfließen kann, so schließt das Aufstoßventil 1 und der Kraftheber

kann heben (Bild 28). Wie bei anderen Anlagen ist auch hier ein Bypass-Ventil 7 vorgesehen, das den Ölstrom entsprechend reduziert.

Abweichend von allen bisherigen Lösungen hat Ferguson in seinem Schlepper MF 25 neuerdings den ursprünglichen Gedanken aus dem Jahr 1925 wieder aufgegriffen und betätigt das Gerät mit einer reinen Ölstromdrossel. Die **Bilder 34 bis 37** zeigen diese Anlage. Ein Steuerschieber 1, von der Zugwiderstandsregelung e und f betätigt, wird so weit in eine Drosselstellung bewegt, daß der zum Anheben des Gerätes erforderliche Druck im Ölstrom entsteht. Damit der Pflug pendelfrei im Boden laufen kann, ist eine verstellbare Abstromdrossel 2 vorgesehen, die mit einer Feder 3 und den Regeleinrichtungen 4 und 5 zusammenarbeitet. Sie läßt das Öl nur so langsam ablaufen, daß der Pflug die Eigenschaft eines nahezu gefesselten Gerätes aufweist und doch den Absenkbewegungen folgen kann. Des weiteren ist die Betätigung des Steuerschiebers über eine verstellbare Empfindlichkeitseinstellung 6 in seinen Bewegungen dämpfbar; zwei Federn, die eine hinter dem Steuerschieber 1, die andere am Gestänge, lassen die unabhängige Bewegung des Steuerschiebers zu. Das gezeigte Regelsystem ist nicht auf Null abschaltbar. Es sind dafür zusätzliche Einrichtungen geschaffen. Die während des Arbeitens freiwerdende Wärmeenergie wird über einen Kühler abgeleitet.

Die verschiedenen Schiebersysteme werden im Nachfolgenden verglichen, und zwar mit ihren Steuerungseigenschaften und nach der Methode des Zu- und Abschaltens des Ölstromes. Die **Bilder 38 bis 42** zeigen fünf Diagramme, die den Ölstrom über den Steuerschieberhub erkennen lassen. Der Steuerschieberhub ist in „Heben“, „Neutral“ und „Senken“ unterteilt. Ferguson's anfängliche Idee einer einfachen Drosselsteuerung (Bild 38) zeigt ganz links bei geschlossenem Drossel den vollen, dem Gerät zufließenden Ölstrom. Wird der Steuerschieber langsam über „Neutral“ nach „Senken“ bewegt, so entsteht je nach der Last des Gerätes ein verschieden großer zu- oder abfließender Ölstrom. Ein breiter Bereich in der Mitte bleibt der „Neutral“-Stellung vorbehalten, in der das Gerät in Schwebe gehalten ist. Schwankende Last führt zum Ausweichen aus der „Neutral“-Stellung und ist Ursache für Pendelungen. Der voll geöffnete Schieber gibt den Senkvorgang in allen Fällen frei.

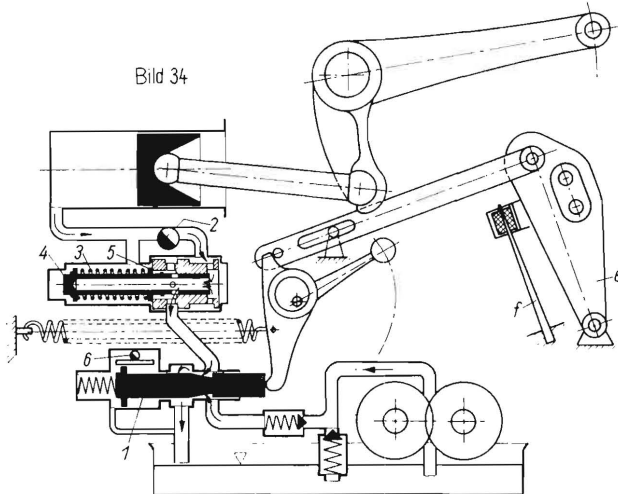


Bild 34

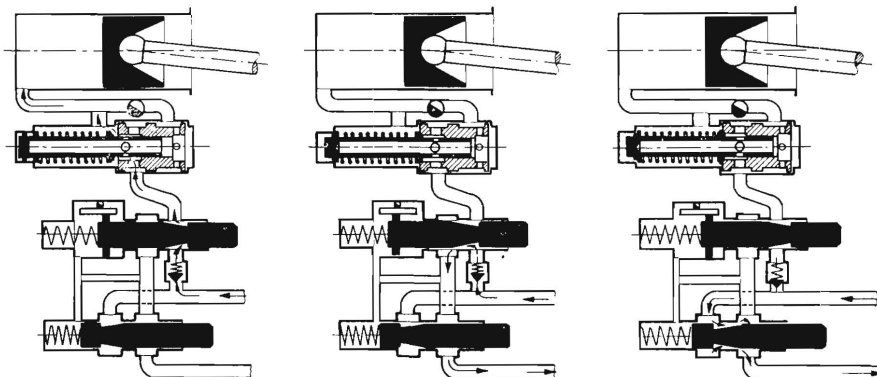


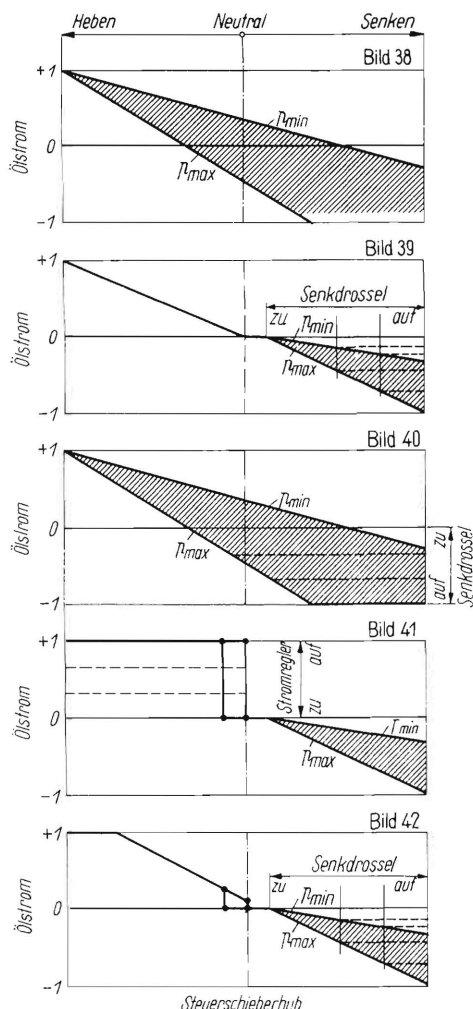
Bild 35: Heben

Bild 36: Neutral

Bild 37: Transport

Bilder 34 bis 37.

Hydraulik (Ferguson 25) für einen pseudogefesselten, auf Tiefe ziehenden Pflug. Zugwiderstandsgesteuerte Drossel mit Reaktionsverstellung. Abstromregelndes Ventil. Wärmeentwickelnde Tiefenregelung



Bilder 38 bis 42. Diagramme der Ölstromsteuerung.

Bild 38. Drosselsteuerung (Ferguson 1925)

Bild 39. Saugdrosselung (Ferguson MF 35)

Bild 40. Drosselsteuerung mit einstellbarem Abstromregler (Ferguson MF 25)

Bild 41. Sprungschalter mit einstellbarem Zustromregler (Ford)

Bild 42. Stromregler der Sprungschalter (Molly)

Die Saugdrosselung des Ferguson MF 35 in Bild 39 arbeitet, wie nun bekannt, mit gesperrtem Zylinder in der „Neutral“-Lage. Entsprechend der Vergrößerung des Zuflusses durch Verschieben des Steuerschiebers in Richtung „Heben“ steigt der Ölstrom unabhängig von der Last. In Richtung „Senken“ fließt das Öl lastabhängig aus dem Zylinder ab; die Hubbegrenzung der Senkdrossel begrenzt in gleichartiger Abhängigkeit die Senkgeschwindigkeit.

Der Ferguson MF 25 in Bild 40 hat grundsätzlich die gleiche Charakteristik wie die ursprüngliche Lösung (Bild 38), aber das „Senken“ wird durch einen Abstromregler auf festen Werten gehalten und durch Dämpfung der Bewegung des Steuerschiebers eine Integration des Regelimpulses vorgenommen, derart, daß das Gerät ohne Pendelung arbeitet. Die Funktion des Sprungschalters ist am Beispiel Ford (Bild 41) gezeigt. Der Senkvorgang ist ohne Regelung rein lastabhängig und der durch den Sprungschalter zugeschaltete Ölstrom durch einen Bypass in der Größe reduzierbar. Die gestrichelten Linien lassen dies erkennen.

Bild 42 zeigt den Sprungschalter kombiniert mit einem Stromregler von Molly. Die Charakteristik lehnt sich an die Ferguson-Saugdrosselung sehr nahe an. Mit diesem Gerät läßt sich mit jeder beliebigen Hubgeschwindigkeit heben, regeln, abschalten und senken.

Ferguson's Idee, eine Kolbenpumpe mit Saugdrosselung zu verwenden, hat durch den hier gezeigten Entwicklungsgang — von der Pumpenseite her gesehen — eine weitere Vereinfachung durch die Verwendung einer konstant fördernden Zahnradpumpe

in einem geregelten Ölkreislauf erfahren. Die Anwendungstechnik der Hydraulik, vor allem im Großschlepperbau, führte in neuerer Zeit wieder zurück zur Verwendung von Kolbenpumpen, die teils regelbar teils nicht regelbar zusammen mit Druckspeichern arbeiten und größere Netze zu versorgen imstande sind.

Nach wie vor bleibt das Problem eines wirtschaftlichen Energiehaushaltes bestehen. Welche Möglichkeiten eine sich selbst steuernde Hydraulik in dieser Hinsicht bietet, zeigt das Bild 43 der Pentax II-Anlage. Diese Anlage besitzt eine verstellbare Kolbenpumpe, deren Hubvolumen nach beiden Richtungen hin verändert werden kann.

Der Zylinderblock einer Kolbenpumpe wird über die Welle 1 in Rotation versetzt; die Kolben laufen gegen eine nach beiden Richtungen hin verstellbare Schiefscheibe 2 an. Ihre Winkellage ist fixiert durch einen federbelasteten Kolben 3 und einen öldruckbelasteten Kolben 4, der eine kleine Drosselöffnung 5 besitzt. Das durch die Pumpe fließende Öl tritt bei 6 ein und wird durch die Leitung 7 zu einem Steuerschieber 8 gebracht. Er enthält in dem gezeichneten Beispiel drei von Hand eingestellte Steuerkolben 9. An Ringeinstichen aller Kolben vorbei fließt das Pumpenöl bis in eine Leitung 10, die auf den Stellkolben 4 führt. Durch die Feder 3 auf Winkel gebracht, fördert die Pumpe solange Öl durch die Leitung 7 und 10, bis der Kolben 4 den Schwenkwinkel der Pumpe soweit zurückstellt, daß sie nur noch das durch die Drosselöffnung 5 austretende Öl unter einem von der Feder 3 bestimmten Druck fördert. Wird ein Steuerschieber 9 abwärts bewegt, so wird die Verbindung nach 10 gedrosselt bzw. unterbrochen, wobei eine Nute 11 des betreffenden Kolbens 9 eine Verbindung zwischen der Leitung 7 und dem Rückschlagventil 12 möglich macht. Das Öl fließt durch die Leitung 13 in den Arbeitszylinder 14, der sich aufwärts bewegt. Die Stellung des Schiebers 9 wird durch den Handhebel 15 gegeben, der mit seinem Daumenhebel auf eine Feder 16 wirkt, die die Schieberführung 17 abwärts drückt. Der Druck im Zylinder teilt sich auch dem Raum unterhalb des Kolbens mit und drückt diesen gegen die Feder 16, die beim Überschreiten einer gewünschten Last den Kolben 9 aufwärts gehen läßt, so daß die Pumpe durch in die Leitung 10 eintretendes Öl wieder zurückgestellt wird. Dieser Regelvorgang ist abhängig von der Spannung der Feder 16. Bei Freigabe des Handhebels 15 bewegt sich dieser in die Null-Stellung; die Pumpe wird drucklos und fördert nur noch das durch Leitung 10 an Loch 5 austretende Öl, während Zylinder 14 sich über die Leitung 13 an der Rückschlagventilkugel 12 abstützt. Wird der Hebel 15 in entgegengesetzter Richtung aus-

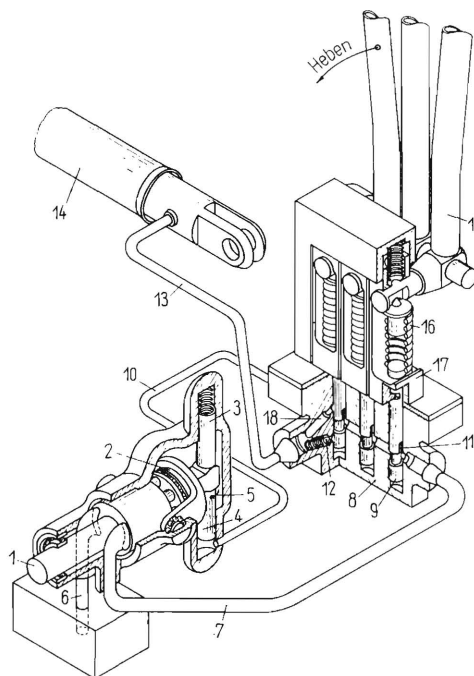
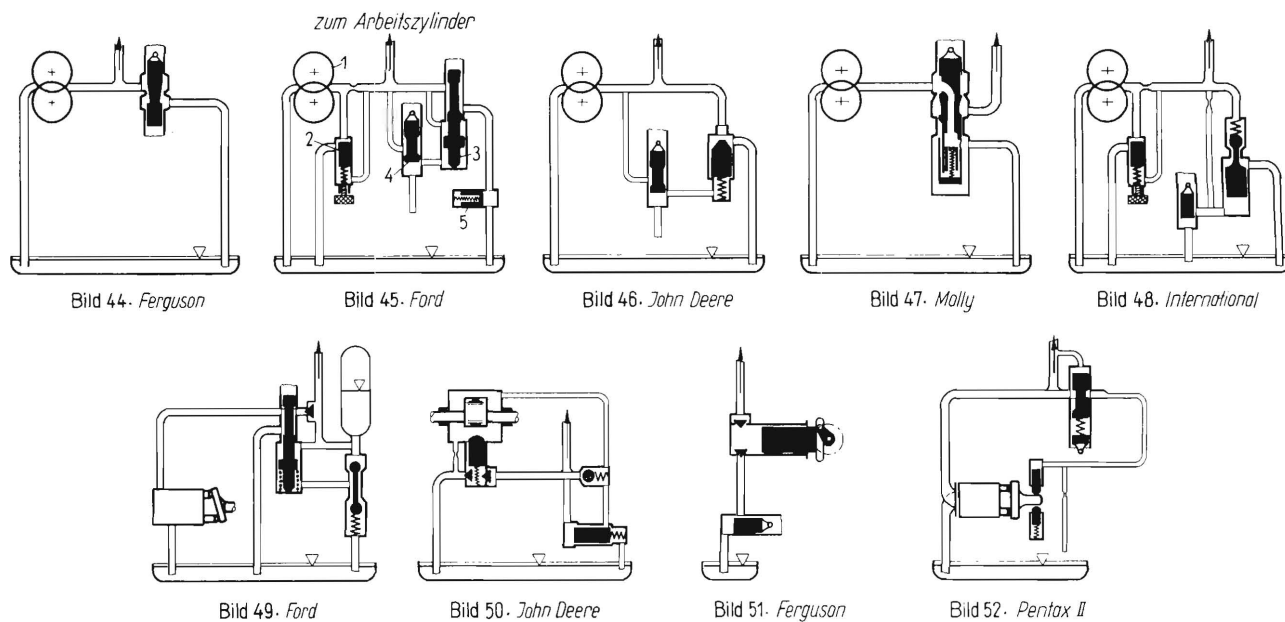


Bild 43. Hydraulikanlage Pentax II (Molly 1952).



Bilder 44 bis 52. Zu- und Abschaltung des Ölstromes bei den verschiedenen Systemen.

Anlagen mit abschaltbarem Kreislauf:

Bild 44. Ferguson, nur mechanisch abschaltbar

Bild 45. Ford, Vorspannventil mit Differentialkolben-Sprungschalter

Bild 46. John Deere, sprungschaltendes Vorspannventil

Bild 47. Molly, Stromregelkolben mit Sprungschalt- und Vorspannfunktion

Bild 48. International, Arbeitsdruck beeinflusstes Aufstoßventil

geschwenkt, so kommt der Steuerschieber 9 in eine Stellung „Senken“. In dieser fließt das Öl aus dem Arbeitszylinder 14 über die Leitung 13 durch die Bohrung 18 in Leitung 7 und 10. Der in 10 auftretende Druck preßt die Feder 3 zusammen; die Pumpe geht auf negativen Winkel und das Öl in Leitung 7 fließt in den Behälter 6 zurück, wobei es seine Energie über die Pumpe und die Welle 1 an die Antriebsmaschine wieder zurückgibt. Diese Anlage arbeitet also sowohl beim Heben wie auch beim Senken ohne die sonst üblichen Verluste und bleibt auch bei längerem Betrieb völlig kalt.

Die **Bilder 44 bis 52** zeigen unter Fortlassung der eigentlichen Steuerungsmittel für den Zylinder nur die Energiezuschaltung. Die einfache Drosselsteuerung nach Bild 44, mit der die Idee der Tiefenregelung begann, ist bekanntlich wärmeentwickelnd und nur mit Hilfe besonderer mechanischer Mittel abzuschalten. Ferguson hat im MF 25 dieses System wieder aufgegriffen und die Wärme durch Einbau eines Kühlers beseitigt. Bild 45 zeigt Ford mit Zahnradpumpe 1, einem Vorspannventil 2, dem Sprungschalter 3, dem Steuerschieber 4 und einem Bypass 5. Die Anordnung führt in allen Fällen zur Endabschaltung, so daß nur sehr geringe Erwärmung während des Arbeitsganges auftritt. Bild 46 zeigt die Anlage von John Deere mit Vorspannventil und Sprungschalter in einem und dem Steuerschieber. Bei John Deere ist, wie auch bei anderen, auf einen Bypass verzichtet. Bei der Anordnung Molly nach Bild 47 ist ein selbständiger Kolben vorhanden, der Vorspann-, Sprungschalt- und Regelfunktion übernimmt und in der letzten Aufgabe mit einer veränderbaren Drosselstelle im Zufluß zum Zylinder arbeitet. Die Anordnung International in Bild 48 hat wiederum ein Bypassventil und ein unter dem Arbeitsdruck beeinflusstes Aufstoßventil. Diese Anlagen haben alle einen abschaltbaren, drucklosen Kreislauf und die Pumpen ein unveränderlich festes Volumen pro Umdrehung.

Bei den Anlagen nach Bild 49, 50 und 51 wird eine Druckhalteanlage verwendet, die einen konstanten Druck aufrechterhält und nach Bedarf durch eine Pumpe ergänzt. Aus dem konstanten Drucknetz wird die Energie zum Zylinder hingeleitet. Der Druck des Netzes entspannt sich dabei auf den Arbeitsdruck des betreffenden Gerätes. Die Anlage Ford nach Bild 49 hat eine Axialkolben-Schiefscheiben-Pumpe mit unveränderlicher Fördermenge. Sie ist über einen Differential-Sprungschalterkolben, ähnlich der früheren Ford-Konstruktion, mit der Druckhalteanlage verbunden. Diese besitzt einen Druckluftspeicher, der

Ölstrom rückstellende Anlagen auf Druckhaltung:

Bild 49. Ford, druckbeeinflusste Zu- und Abschaltung des Förderstromes

Bild 50. John Deere, Nullhubrückstellung durch Druckbegrenzungsventil

Bild 51. Ferguson, Saugdrosselung

Ölstrom und Druck rückstellende Anlagen:

Bild 52. Pentax II, Zu- und abschaltbare Hubvolumenrückstellung

durch Minimal-Maximal-Ventil, bestehend aus zwei Kugeln und einer Druckfeder, mit der Schaltseite des Differentialkolbens verbunden ist. Dieses Ventil schaltet die Pumpe kurzzeitig auf den Druckspeicher. Durch die Verwendung eines Druckspeichers kann die gesamte Anlage kleiner gehalten werden, da die Pumpe nur noch eine mittlere Ölmenge fördern muß.

John Deere hat eine Sternkolbenpumpe nach Bild 50, bei der die Kolben durch einen Exzenter entgegen einer Feder nach außen bewegt werden. Das von der Ventilkolbenpumpe geförderte Öl geht in die Druckhalteanlage. Sobald der Druck in dieser den vollen Wert erreicht hat, spricht ein Druckbegrenzungsventil an, dessen Aböl in den Kurbelraum der Pumpe geleitet wird. Die Kolben können den Rückhub nicht mehr ausführen und bleiben in der oberen Endlage stehen. Damit eine ständige Förderbereitschaft vorhanden ist, wird das Öl aus dem Kurbelraum über eine Drosselstelle ständig abgelassen; die Pumpe fördert einen dauernden Ölstrom über das Druckbegrenzungsventil. Wird durch einen Verbraucher plötzlich eine große Ölmenge abgenommen, so spricht ein zweites Minimaldruckventil an, dessen Kolbenschieber den Kurbelkammeraum voll freigibt, so daß die Pumpe mit vollem Hubvolumen einsetzt. Wie den Berichten zu entnehmen ist, hat die Ausführung des Exzenters anfangs große Schwierigkeiten bereitet.

Die Druckhaltung beider Anlagen, Ford und John Deere, ist auf Maximaldruck eingestellt. Da die Geräte aber nur mit einem dem Arbeitswiderstand entsprechenden Druck arbeiten, findet vor allem bei leichten Arbeitsgängen ein Herunterdrosseln des Ölstromes auf den tatsächlichen Arbeitsdruck statt. Es wird also in allen Fällen mit der maximalen Energieentnahme gearbeitet, was eine nicht immer glückliche Lösung ist. Im Grunde ähneln diese Anlagen dem Ferguson-Saugdrosselungs-System, bei dem der Hub der Pumpe nicht durch mechanische Mittel, sondern durch Drosseln des Saugölstromes verändert wird und der Ölfluß unabhängig vom Druck geregelt ist, so daß keine Überleistung entnommen wird. Bild 51 zeigt diese Anlage, die wohl die prinzipiell einfachste ist und am besten den energetischen und regeltechnischen Forderungen entspricht.

Bei der Pentax-Anlage in Bild 52 erfolgt die Rückstellung des Ölstromes ähnlich wie bei John Deere, aber sie greift an mechanische Mittel, eben der Schiefscheibe, an. Die Rückstellung kann über den Nullpunkt hinaus ins Negative hinein arbeiten, so daß nicht nur der dem Gerät zufließende, sondern auch der vom Gerät wegfließende Ölstrom unter Kontrolle der Pumpe bleibt.

Zusammenfassung

Die tiefenregulierende Hydraulik mit einem einfachwirkenden Kolbensystem ist mit Arbeitsgeräten, die eine abwärts wirkende Zugkraft aufweisen, zusammengesaltet. Durch Zerlegung der von den Arbeitsgeräten — den Pflugscharen — herkommenden Kräfte in der Bodenebene lassen sich die bei der Arbeit auftretenden Radbelastungen leicht ermitteln. Die über ein Gelenkviereck am Schlepper angebrachten Pflüge werden durch den Arbeitszylinder der Hydraulik schlepperfest gehalten. Die Veränderung der Pflugkräfte dient zur Einregelung der Pflughöhe. Die Ermittlung des Öldruckes und die Größe der Impulskräfte werden gezeigt, der Aufbau der Hydraulik, ausgehend von der Fergusonschen Idee einer mit Saugdrosselung arbeitenden Kolbenpumpe über verschiedene zweipunktgeregelte Zahnradpumpen-Hydrauliken bis zu einer mit einer Zahnradpumpe arbeitenden, stetig regelnden Anlage wird beschrieben und schließlich ein kurzer Hinweis auf neuere Anlagen mit regelbarer Kolbenpumpen-Hydraulik gegeben.

Schrifttum

- [1] Getzlaff, G.: Messung der Kraftkomponenten an einem Pflugkörper. Grundl.d.Landtechnik Heft 1. Düsseldorf 1951. S.16/24.
- [2] Skalweit, H.: Kräfte zwischen Schlepper und Arbeitsgerät. Grundl. d. Landtechnik Heft 1. Düsseldorf 1951. S. 25/36.
- [3] Getzlaff, G.: Über die Bodenkkräfte beim Pflügen bei verschiedener Körperform und Bodenart. Grundlagen der Landtechnik Heft 3. Düsseldorf 1952. S. 60/70.
- [4] Skalweit, H.: Über die bei der Tiefenhaltung von Schlepperanbaugeräten auftretenden Kräfte. Grundlagen der Landtechnik Heft 3. Düsseldorf 1952. S. 100/118.
- [5] Skalweit, H.: Die Führungskräfte von Schlepper-Arbeitsgeräten bei den genormten Anbausystemen. Grundlagen der Landtechnik Heft 4. Düsseldorf 1953. S. 54/64.
- [6] Getzlaff, G.: Vergleichende Untersuchungen über die Kräfte an Normpflugkörpern. Grundlagen der Landtechnik Heft 5. Düsseldorf 1953. S. 16/35.

Stufenlos verstellbare Schaltwerksgetriebe auf der Grundlage ungleichförmiger Umlaufbewegungen

Von Kurt Hain, Braunschweig-Völkenrode

Die stufenlos verstellbaren Schaltwerksgetriebe werden gegenüber den anderen „stufenlosen“ Getrieben bisher nur in geringer Zahl und für niedrige Leistungen verwendet. Da die Schaltwerksgetriebe bei großen Leistungen mit hohem Wirkungsgrad arbeiten können und auch gewisse bauliche Vorteile aufweisen, wurden im Institut für landtechnische Grundlagenforschung mit finanzieller Unterstützung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten drei verschiedene Versuchsgetriebe mit Ausnutzung ungleichförmiger Umlaufbewegungen und mit z. T. neuartigen Baugruppen entwickelt und gebaut. Mit diesen Getrieben wurden umfangreiche Messungen durchgeführt, deren Ergebnisse als Grundlage für die konstruktive Weiterentwicklung stufenlos verstellbarer Schaltwerksgetriebe dienen sollen.

Die stufenlose Verstellung der Drehzahl neuzeitlicher Arbeitsmaschinen wird mit der Forderung nach einer besseren Ausnutzung der Maschinen immer dringender. Vielfach gibt es in Abhängigkeit von den sich ändernden technologischen Bedingungen nur einen engen Bereich der optimalen Arbeitsdrehzahl, der durch stufenlose Drehzahländerung in möglichst kurzer Zeit und während des Ganges einstellbar sein soll. So wird in der Landtechnik, besonders für das Triebwerk des Ackerschleppers, ein stufenlos verstellbares Getriebe an Stelle des gestuften Zahnradgetriebes gefordert, um die Fahrgeschwindigkeit den Anforderungen der mit dem Schlepper verbundenen Geräte weitgehend anpassen zu können [1; 2]. Es liegen eingehende Untersuchungen über die erforderlichen Fahrgeschwindigkeiten bei verschiedenen landwirtschaftlichen Arbeiten [3; 4] sowie über die auftretenden Kräfte in den Schleppertriebwerken und deren Schwankungen [5; 6; 7] vor, so daß ausreichende Unterlagen für den Einsatz stufenlos verstellbarer Getriebe zur Verfügung stehen.

Eine stufenlose Drehzahlverstellung ist außerdem beim Mähdrescher wichtig, um dessen Fahrgeschwindigkeit möglichst gut an die Leistungsfähigkeit der Drescheinrichtung anpassen zu können [8; 9]. Ein weiteres Beispiel ist die Kraftübertragung zwischen Schlepper und Triebachsanhänger, für die ebenfalls ein stufenlos verstellbares Getriebe vorgeschlagen wurde [10].

Bei Kartoffelsammelernemaschinen kann eine stufenlos verstellbare Siebkettengeschwindigkeit zur Erzielung einer gleichmäßigen Siebleistung vorteilhaft sein [11].

Bei einer Reihe von Antrieben genügt eine mit Hilfe von Zahnrädern gestufte Verstellung, wie z. B. für die Fräswelle von Bodenfräsen [12] und die Verteilerwelle von Drillmaschinen. Hier wird ein stufenlos verstellbares Getriebe nur dann verwendet, wenn es hinsichtlich des Preises, des Platzbedarfes oder des Gewichtes gegenüber den Stufengetrieben im Vorteil ist. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei Vorrichtungen für niedrige Geschwindigkeiten, wie z. B. beim Rollboden von Stallmiststreuern, bei dem sogar eine starke Ungleichförmigkeit der Geschwindigkeit in Kauf genommen werden kann. Die hierfür verwendeten Klinkensperrwerke ergeben einfache und billige Getriebe, die nicht durch Getriebe für höhere Ansprüche ersetzt zu werden brauchen.

Die stufenlos verstellbaren Getriebe werden aber in Zukunft dann eine besondere Bedeutung gewinnen, wenn bestimmte Arbeitsvorgänge selbsttätig zu regeln sind, besonders bei Landmaschinen, deren Arbeitsgeschwindigkeiten gesteigert werden sollen [13; 14].

Kennzeichnung und Eigenschaften der Schaltwerksgetriebe

Die stufenlos verstellbaren mechanischen Getriebe werden gegenwärtig in der Hauptsache als Reibgetriebe, und zwar als Reibrad- oder Umhüllungs- bzw. Umschlingungsgetriebe, verwendet. Die Verstellung des Übersetzungsverhältnisses wird durch Verlagerung einer oder mehrerer Reibpaarungen zwischen Reibrädern bzw. zwischen Reibscheiben und Zugorganen erreicht. Die meisten Reibgetriebe dieser Art sind nur während des Laufes verstellbar.

Bei den Schaltwerksgetrieben wird eine gleichförmige Drehbewegung in eine hin- und hergehende oder in eine ungleichförmige Umlaufbewegung durch ungleichförmig übersetzende Getriebe umgeformt. Diese Zwischenbewegungen lassen sich leicht vorstellen. Durch eine Anzahl parallel und gruppenweise auch hintereinander geschalteter Getriebe werden nur die Geschwindigkeitsspitzen der ungleichförmigen Bewegungen mit Hilfe von Einwegkupplungen (Freiläufen) auf die Abtriebswelle weitergegeben. Die abtriebsseitig entstehende Ungleichförmigkeit wird durch eine genügend große Anzahl von Einzelgetrieben