

Hydraulisch betätigte Drehwerke für Voldrehpflüge

Von Dieter Wilkens, Braunschweig, und Joachim Peiffer, Düsseldorf*)

DK 631.312.444

Die große Bedeutung, die der Voldrehpflug inzwischen unter den Pflügen eingenommen hat, ist nicht zuletzt durch die Entwicklung zuverlässiger und preisgünstiger Drehwerke ermöglicht worden. Ausgehend von den zunächst eingesetzten mechanisch betriebenen Drehwerken, wurden hydraulische Drehwerke entwickelt, die auch Pflüge mit großer Masse sicher zu drehen vermögen, die bei der heute üblichen Baukastenbauweise der Pflüge trotz unterschiedlicher Ansprüche der Einzeltypen für eine ganze Typenfamilie einsetzbar sind und die eine komfortable Fernbedienung des Pfluges bei geschlossener Fahrerkabine ermöglichen.

Anhand einer charakteristischen Auswahl soll in diesem Beitrag ein Überblick über die unterschiedlichen Bauarten verschiedener hydraulisch betätigter Drehwerke vermittelt werden. Dabei stehen weniger konstruktive Details als die systembedingten Unterscheidungsmerkmale im Vordergrund. Die Entwicklung zu den robusten und einfach bedienbaren Drehwerkstypen findet dabei besondere Berücksichtigung.

1. Einleitung

Die Aufgabe eines Voldrehpflug-Drehwerkes besteht bekanntlich darin, den Drehpflug über einen Winkel von 180° um seine Rotationsachse zu drehen. Da die Rotationsachse nicht mit der Symmetrieachse des Drehpfluges identisch ist, beschreibt der Schwerpunkt des drehenden Pflugrahmens im allgemeinen eine Halbkreisbahn um die Rotationsachse. Die Bahnkurve, die der Schwerpunkt in bezug auf die Rotationsachse während der Drehung beschreibt, ist ein entscheidendes Kriterium bei der Projektierung und Konstruktion eines Drehwerkes.

In **Bild 1** sind beispielhaft ein 4-Schar- und ein 2-Schar-Voldrehpflug jeweils in der Draufsicht und der Frontansicht dargestellt. In die Abbildungen sind die Lage des Schwerpunktes und die zugehörige Schwerpunktbahn während der Pflugdrehung eingezeichnet.

Beim 4-Schar-Voldrehpflug (oben im Bild) sinkt der Schwerpunkt S bei der gezeigten Anordnung des Drehwerkszylinders zunächst ab und unterstützt dabei den Drehantrieb – daher häufig auch "fallender Pflug" genannt –; erst im zweiten Drehabschnitt, der Schwerpunkt hat im Verlauf seiner Bahnkurve die Totpunktlage OT überschritten, wird der Schwerpunkt wieder angehoben. Die Schwerpunktbahn des fallenden Pfluges beschreibt demnach einen Halbkreis unterhalb der Rotationsachse.

Bei gleicher Drehwerkskonstruktion verläuft die Schwerpunktbahn eines 2-Schar-Voldrehpfluges der gleichen Typenfamilie (unten im Bild) aufgrund umgekehrter Schwerpunkthebelarme oberhalb der Rotationsachse. Der Schwerpunkt muß hier während des ersten Abschnittes der Drehung angehoben werden und sinkt in der zweiten Hälfte der Drehung ab. Man bezeichnet derartige Konstruktionen als "ziehenden Pflug", da der Schwerpunkt zunächst hochgezogen werden muß.

Der Rückschluß, der sich für einen Drehwerksantrieb aus diesen Zusammenhängen zwangsläufig ergibt, besteht darin, daß beim fallenden Pflug der erste Abschnitt und beim ziehenden Pflug der zweite Abschnitt der Drehung vorrangig anzutreiben ist. Wie im **Bild 1** angedeutet, können bei der heute gängigen Baukastenbauweise für ein Grundmodell je nach Anzahl der Schare beide Fälle in Frage kommen.

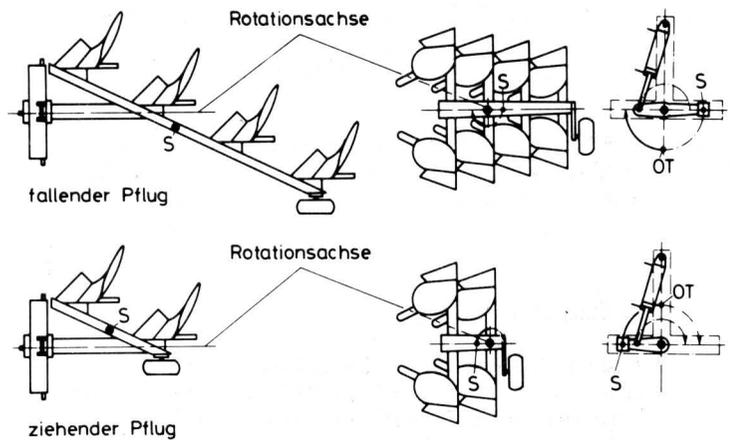


Bild 1. Lage und Bahn des Schwerpunktes während der Drehung beim fallenden Pflug (oben) und beim ziehenden Pflug (unten).

2. Drehwerkskonstruktionen für hydraulisch betätigte Drehwerke

Im Laufe der Entwicklungsgeschichte der Voldrehpflüge ist eine Vielzahl unterschiedlicher Drehwerkstypen entstanden. Die anfänglich eingesetzten 1- und 2scharigen Voldrehpflüge bedienten sich eines rein mechanischen Drehwerkes, das teils von Handkraft, teils unter Ausnutzung der potentiellen Energie infolge der exzentrischen Schwerpunktlage angetrieben wurde. Mit steigenden Ansprüchen an Komfort und Zuverlässigkeit, vor allem jedoch mit Zunahme der Scharzahl, ist das vom Schlepper angetriebene Drehwerk zur Standardlösung geworden.

Die bekannten Vorteile der hydrostatischen Leistungsübertragung dürften ausschlaggebende Gründe für die weite Verbreitung der hydraulischen Betätigung gewesen sein. Die auf dem Markt befindlichen hydraulisch betätigten Drehwerke lassen sich grob in die 3 folgenden Kategorien einteilen:

- hydraulisch unterstützte Falldrehwerke
- hydraulische Einfachhub-Drehwerke
- hydraulische Doppelhub-Drehwerke.

*) *Dipl.-Ing. D. Wilkens ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landmaschinen (Direktor: Prof. Dr.-Ing. H.J. Matthies) der TU Braunschweig; Dipl.-Ing. J. Peiffer ist Leiter der Abteilung Entwicklung – Serienhydraulik der Fa. Integral Hydraulik + Co., Düsseldorf.*

Diese Einteilung ist aufgrund der jeweiligen Arbeitsweise getroffen worden. In Bild 2 sind diese Grundtypen mit ihrem prinzipiellen Aufbau schematisch dargestellt: In der oberen Bildhälfte ist der drehbare Pflugrahmen eines 4-Schar-Volldrehpfluges ohne Drehwerk abgebildet. Die zu vollziehende Rechtsdrehung ist in die Drehphasen I und II unterteilt, die in bezug auf die Lage des Schwerpunktes S durch unterschiedliche Anforderungen an den Drehwerksantrieb gekennzeichnet sind. Die angedeutete Bahnkurve des Schwerpunktes zeigt, daß es sich hier um einen fallenden Linksdrehung kehren sich die Benennungen sinngemäß um.

Im unteren Teil des Bildes sind die drei oben genannten Drehwerkstypen nebeneinander dargestellt, wobei die eingezeichnete Rotationsachse jeweils mit der Rotationsachse des drehbaren Pflugrahmens identisch sein soll.

Als "hydraulisch unterstützte Falldrehwerke" (unten links) sollen diejenigen Drehwerke bezeichnet werden, die nur während einer Drehphase, hier der Drehphase II, eine Antriebskraft von der Schlepperhydraulik erfahren. Die Drehphase I muß, wie bei den rein mechanischen Drehwerken, mit Unterstützung der potentiellen Energie des Schwerpunktes S durchfahren werden. Die drehenden Massen müssen so verteilt sein, daß das in der Drehphase I aufgenommene Schwungmoment die Totpunktlage OT sicher überwindet. Ein Sperrmechanismus, hier als Rückhalteklinke angedeutet, verhindert das Zurückpendeln des drehenden Pflugrahmens in die Totpunktlage. Bei Beaufschlagung des einfachwirkenden Hydraulikzylinders mit Drucköl wird die Drehung in der Drehphase II mit Hilfe der Schlepperhydraulik beendet. Während des Drehvorganges ist bei diesem Drehwerkstyp demnach ein Umschalten des Steuerventils auf dem Schlepper erforderlich.

Bei den "hydraulischen Einfachhub-Drehwerken" (mittlere Darstellung) ist ein Umschalten des Steuerventils auf dem Schlepper während der Drehung nicht notwendig. Ein zwischen dem drehbaren Pflugrahmen und dem Drehwerkszylinder zusätzlich angebrachtes mechanisches Drehwerksgetriebe – im Bild ein Gelenkgetriebe – ermöglicht die Umsetzung jeweils eines Kolbenhubes (Einfachhub) in eine rechts- bzw. linksdrehende 180°-Drehung. Dadurch ist der Pflug während des ganzen Drehvorganges zwangsläufig geführt. Die Lage des Schwerpunktes ist bei dieser Drehwerkskonstruktion ohne Bedeutung. Allerdings wird ein doppeltwirkender Hydraulikzylinder und in der Regel auch ein doppeltwirkendes Steuerventil auf dem Schlepper benötigt.

Ein in der Arbeitsweise mit dem hydraulisch unterstützten Falldrehwerk verwandter Drehwerkstyp ist das "hydraulische Doppelhub-Drehwerk". Der entscheidende Unterschied ergibt sich durch den doppelwirkenden Hydraulikzylinder, der, in beiden Drehphasen mit Drucköl beaufschlagt, den Pflug wie bei den Einfachhub-Drehwerken während der ganzen Drehung kontrolliert führt. Die Schwerpunktlage bedarf auch hier keiner besonderen Beachtung. Mechanische Übertragungsglieder zwischen dem Drehwerkszylinder und dem Pflugrahmen werden nicht benötigt.

Im Gegensatz zu den hydraulisch unterstützten Falldrehwerken, bei denen das Öl in der Drehphase I durch den fallenden Schwerpunkt unkontrolliert verdrängt wird, erfordert das hydraulische Doppelhub-Drehwerk ein präzises Umsteuern der Ölströme bei Erreichen des Totpunktes OT. Der Drehwerkszylinder muß durch eine geeignete Schaltung von "Einfahren" auf "Ausfahren" (Doppelhub) umgeschaltet werden. Im Mittelpunkt der nachfolgend behandelten hydraulischen Doppelhub-Drehwerke stehen daher die verschiedenartigen Umsteuerungsarten.

3. Arbeitsweise und Bedienung von hydraulisch betätigten Drehwerken

Die Wahl des einzusetzenden Drehwerkes wird primär durch die verschiedenen Bedingungen, wie

- die Lage des Schwerpunktes und
- die zu drehende Gesamtmasse,

bestimmt (s. Abschn. 1 und 2). Daneben ist für den praktischen Einsatz noch eine Reihe von zusätzlichen Anforderungen mitentscheidend:

- a) Funktionssichere Arbeitsweise
- b) Minimaler Bedienungsaufwand
- c) Fähigkeit zur Anpassung an unterschiedliche Schlepperhydraulikanlagen
- d) Arbeitsweise, die Pflug, Kraftheber und Hydrauliksystem schont
- e) Ausbaufähigkeit im Hinblick auf größere und modernere Pflugkonzeptionen.

Die Arbeitsweise und Bedienung der im vorangegangenen Abschnitt dargestellten Grundtypen soll daher besonders unter Berücksichtigung dieser Anforderungen am Beispiel einiger ausgeführter Drehwerke behandelt werden.

3.1 Hydraulisch unterstützte Falldrehwerke

Wie bereits erwähnt, sind dem rein mechanischen Drehwerk sowohl durch die Lage des Schwerpunktes als auch durch die zu drehende Masse Grenzen gesetzt, so daß im allgemeinen bei Volldrehpflügen mit mehr als 2 Scharen nicht mehr auf eine hydraulische Unterstützung verzichtet wird. Das hydraulisch unterstützte Falldrehwerk, Bild 3, bietet die Möglichkeit, eine eingeleitete Falldrehung mit einfacher Technik in der Drehphase II zu unterstützen und sicher zu beenden. Ein fallender Pflug ist dabei jedoch vorauszusetzen. Gegebenenfalls läßt sich die Falldrehung in der Drehphase I durch Federkraft, wie im Bild angedeutet, unterstützen.

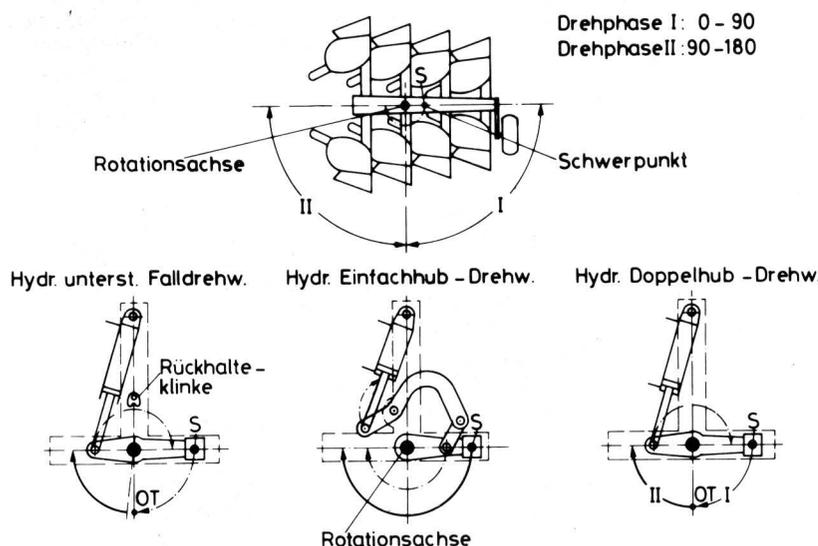


Bild 2. Haupttypen hydraulisch betätigter Pflug-Drehwerke.

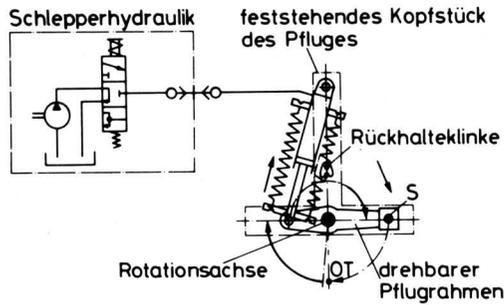


Bild 3. Hydraulisch unterstütztes Falldrehwerk.

Die Drehung wird durch Freigeben des Ölrücklaufes mit dem Steuerventil auf dem Schlepper eingeleitet; gewöhnlich ist dafür ein einfachwirkendes Steuerventil (3/3-Wegeventil) ausreichend. Der Kolben des Drehwerkszylinders kann dann durch den Schwerkraft- und Federkraftantrieb ungehindert einfahren. Durch die während der Drehphase I aufgenommene Rotationsenergie dreht der Pflug über den eingezeichneten Totpunkt OT hinaus, der Kolben kann dabei wieder ungehindert ausfahren. Die Rückhaltekinke verhindert, daß der Pflug in den Totpunkt zurückpendelt. Zur Vollendung der Drehung muß das Steuerventil auf dem Schlepper in die andere Position geschaltet werden. Durch Beaufschlagung mit Drucköl fährt der Kolben in der Drehphase II wieder bis zum Anschlag aus und spannt dabei gleichzeitig die Federn vor.

Bei der im Bild 3 schematisch dargestellten Anordnung müßte die Endlagensicherung (Sicherung gegen unbeabsichtigtes Rückdrehen des Pfluges während des Pflügens) auf hydraulischem Wege durch das Steuerventil auf dem Schlepper erfolgen. In der Praxis kommt diese Anordnung gewöhnlich nicht zur Anwendung, da die Steuerventile auf dem Schlepper meistens keine ausreichende Dichtigkeit aufweisen. Entweder ist dann ein Kugelhahn in der Hydraulikleitung vorzusehen, der bei jedem Drehvorgang manuell geöffnet bzw. geschlossen werden müßte, oder ein mechanischer Verriegelungsmechanismus übernimmt die Endlagensicherung.

Bild 4 zeigt ein hydraulisch unterstütztes Falldrehwerk mit einem mechanischen Klemmring an der Kolbenstange. Der Klemmring dient hier sowohl als Endlagensicherung als auch als Rückfallsperre nach Überschreiten des Totpunktes. Zu Beginn der Pflugdrehung wird der Klemmring durch einen kurzen Druckimpuls gelöst. Nach Umlegen des Steuerventils auf dem Schlepper fährt die Kolbenstange ein, wobei ein Widerstandsventil in der Ölleitung dafür sorgt, daß das verdrängte Öl einen genügenden Staudruck aufbaut, um den Klemmring in der Drehphase I in der entspernten Stellung zu halten. Erst nach Überschreiten des Totpunktes wird die Kol-

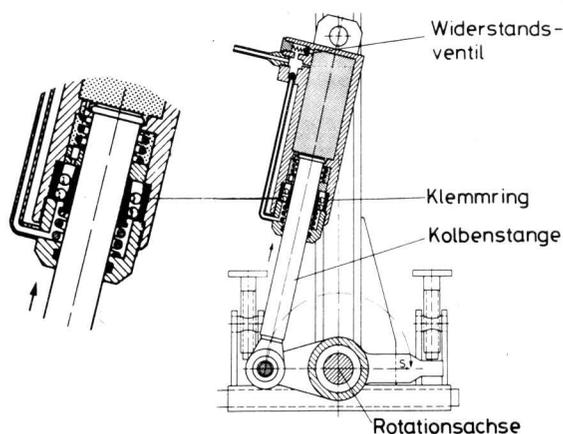


Bild 4. Drehwerkszylinder eines hydraulisch unterstützten Falldrehwerkes mit mechanischem Klemmring.

benstange in dem Moment arretiert, in dem der Pflug in die Totpunkt-lage zurückfallen will. Nach Vollendung der Drehphase II übernimmt der Klemmring dann wieder die Endlagensicherung.

Der Einsatz solcher hydraulisch unterstützter Falldrehwerke ist üblicherweise auf kleine bis mittlere Pfluggrößen beschränkt, da die unkontrollierte Falldrehung der Drehphase I bei größeren Drehmassen zu unzulässig hohen Beanspruchungen an Schlepper und Pflug führen würde. Ein fallender Pflug muß bei diesem Drehwerkstyp in jedem Falle vorausgesetzt werden. Die Bedienung erfordert durch die mehrfache Ventilbetätigung während eines Drehvorganges erhöhte Aufmerksamkeit vom Schlepperfahrer [1].

3.2 Hydraulische Einfachhub-Drehwerke

Die hydraulischen Einfachhub-Drehwerke unterscheiden sich in der Arbeitsweise ganz erheblich von den hydraulisch unterstützten Falldrehwerken. Sie ermöglichen nicht nur die hydraulische Unterstützung während einer Drehphase, sondern gewährleisten eine vollhydraulische zwangsläufige 180°-Drehung. Dieser Drehwerkstyp ist nicht auf einen fallenden Pflug angewiesen und eignet sich vor allem auch für größere Pflüge. Darüber hinaus ist während des gesamten Drehvorganges keine weitere Betätigung des Steuerventils auf dem Schlepper notwendig. Ermöglicht wird dies, wie schon in Abschnitt 2 erläutert, durch die Kombination eines doppeltwirkenden Hydraulikzylinders mit einem mechanischen Übersetzungsgetriebe.

3.2.1 Mechanische Drehwerksgetriebe für hydraulische Einfachhub-Drehwerke

Die aus der Getriebelehre bekannten Möglichkeiten, eine translatorische Bewegung in eine Rotationsbewegung umzusetzen, sind recht vielfältig [2] und werden in dem hier vorliegenden Anwendungsfall auch in der verschiedensten Art und Weise eingesetzt. Beispielhaft sind im folgenden vier der in der Praxis gängigen Lösungen angeführt.

Wie im Bild 2 bereits angedeutet, kann mit Hilfe eines Gelenkgetriebes ein Kolbenhub des Drehwerkszylinders in eine 180°-Drehung des Pfluges umgesetzt werden, Bild 5. Die Hubbewegung des Kolbens wird dabei auf einen gestellfest gelagerten Schwinghebel übertragen, der seinerseits über ein Koppelglied die Kurbel um die Rotationsachse antreibt. Ist der Übertragungsmechanismus in Fahrtrichtung hinter dem feststehenden Kopfstück des Pfluges angeordnet, bedarf es, wie im Bild dargestellt, einer besonderen Formgebung des Schwinghebels, um Kollisionen mit der Rotationsachse zu vermeiden. Andere Konstruktionen nutzen für den Einbau des Drehwerks den Raum zwischen Schlepper und Pflug, wodurch u.U. eine einfachere Formgebung möglich wird, Bild 6.

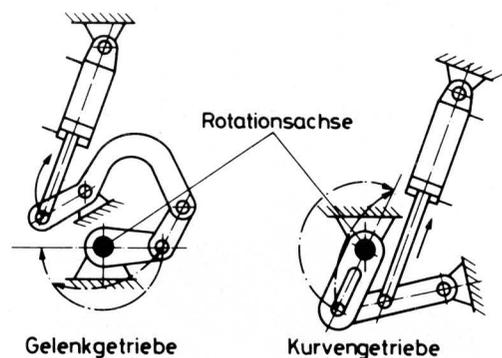


Bild 5. Mechanische Drehwerksgetriebe für Einfachhub-Drehwerke (Gelenkgetriebe, Kurvengetriebe).

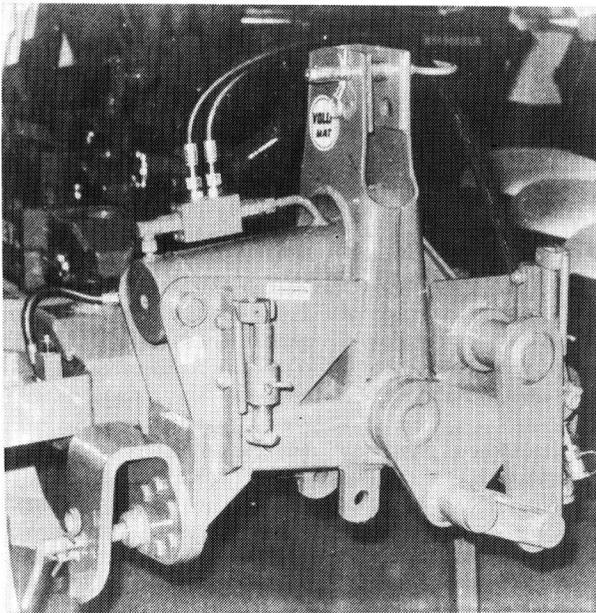


Bild 6. Vor der Ebene der Dreipunktkupplung angeordnetes Gelenkgetriebe eines Einfachhub-Drehwerkes.

Eine weit verbreitete Lösung eines Drehwerksgetriebes ist rechts im Bild 5 angedeutet. Hierbei wird die Bewegung des Schwinghebels über eine Kulissee unmittelbar auf die Kurbel übertragen. Dadurch kann ein Koppelglied mit den beiden Gelenken eingespart werden; allerdings sind die Reibkräfte in der Kulissee eines solchen Kurvengetriebes nicht zu vernachlässigen. Die konstruktive Ausführung zweier solcher Kurvengetriebe zeigen **Bild 7 und 8**.

Zwei weitere, gelegentlich eingesetzte Varianten eines Drehwerksgetriebes sind dem **Bild 9** zu entnehmen. Hier wird die translatorische Kolbenbewegung über einen Kettentrieb bzw. eine Zahnstange in die geforderte Rotationsbewegung umgesetzt. Der bauliche Aufwand für derartige Konstruktionen ist ähnlich umfangreich wie bei den zuvor behandelten Beispielen.

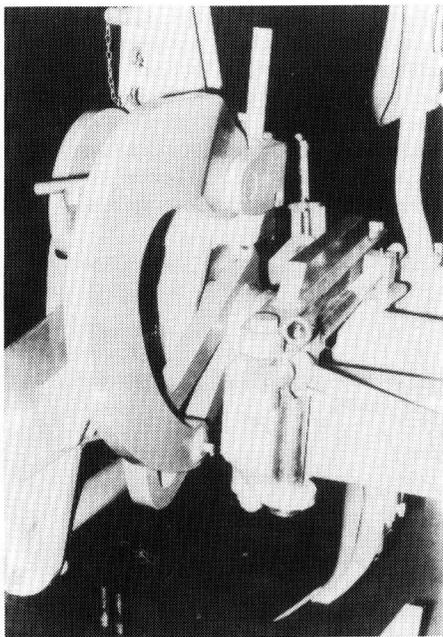


Bild 7. Gewöhnliches Kurvengetriebe eines Einfachhub-Drehwerkes.

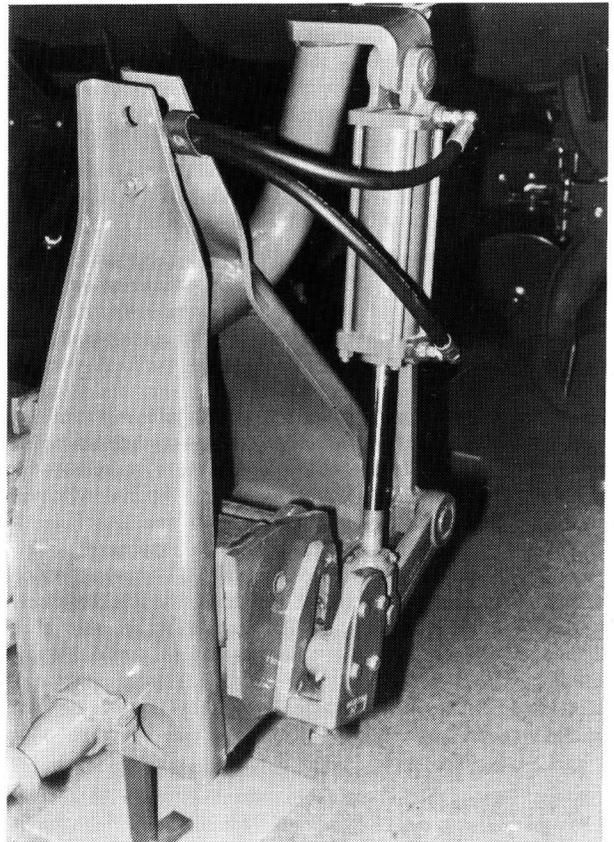


Bild 8. Vor der Ebene der Dreipunktkupplung angeordnetes Kurvengetriebe eines Einfachhub-Drehwerkes.

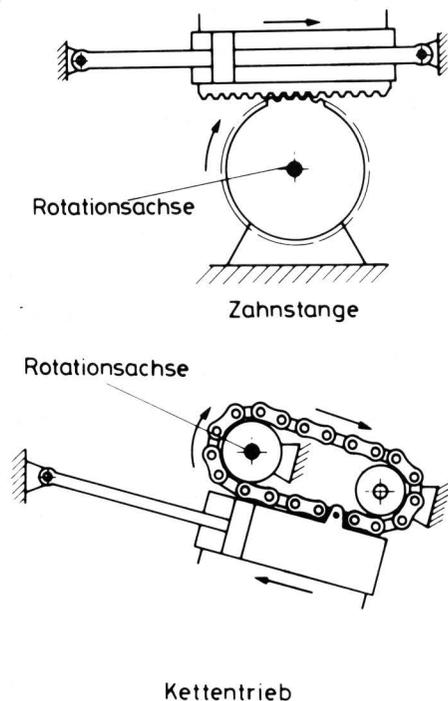


Bild 9. Kettentrieb und Zahnstange als mechanische Drehwerksgetriebe für Einfachhub-Drehwerke.

3.2.2 Hydraulische Ansteuerungen für Einfachhub-Drehwerke

Der Antrieb der mechanischen Drehwerksgetriebe erfolgt, wie auch in den Prinzipskizzen von Bild 5 und 9 angedeutet, durch einen doppeltwirkenden Hydraulikzylinder. Je nach der gewünschten Drehrichtung muß der Zylinder im Kolben- oder im Kolbenringraum mit Drucköl beaufschlagt werden.

Eine derart drehrichtungsabhängige Beaufschlagung des Hydraulikzylinders ist am einfachsten mit Hilfe eines doppeltwirkenden Steuerventils (4/3-Wegeventil) auf dem Schlepper zu bewerkstelligen. Die linke Darstellung in Bild 10 zeigt eine solche Anordnung, wobei unter Pos. 1 ein sogenannter "Sperrblock" eingezeichnet ist, der den Pflug in der Endlage vollhydraulisch verriegelt und somit die Funktionsicherheit unabhängig von der Dichtigkeit des Steuerventils auf dem Schlepper gewährleistet. Nachteilig wirkt sich bei dieser sehr verbreiteten Lösung die Notwendigkeit eines doppeltwirkenden Steuerventils aus.

Die mittlere und die rechte Abbildung geben zwei Möglichkeiten an, den doppeltwirkenden Drehwerkszylinder mit einem Einleitungsanschluß zu betätigen. In der mittleren Darstellung wird die Rückdrehung lediglich durch einen Hydrospeicher übernommen. Der im normalen Betrieb geschlossene Absperrhahn (1) dient einerseits zur Abstimmung des Speicherdruckes auf das Druckniveau der jeweiligen Schlepperhydraulik und andererseits der gelegentlichen Ergänzung von Leckageverlusten.

Bei der rechten Darstellung wird der Drehwerkszylinder während beider Kolbenhübe von der Schlepperhydraulik beaufschlagt. Das verdrängte Rücköl wird hier zunächst in dem eingezeichneten Hydrospeicher zwischengespeichert und muß nach Beendigung des Drehvorganges durch Entlasten in die Schlepperhydraulik entleert werden. Eine Besonderheit bei dieser Anordnung ist das mechanische Schrittschaltwerk, das nur jeweils die Rückschlagventile 1 und 2 oder 3 und 4 entsperrt und so die Betätigungsrichtung des Zylinders nach jedem Drehvorgang umkehrt.

Durch die Möglichkeit, mit Hilfe der Drehwerksgetriebe den Voll-drehpflug während des gesamten Drehvorganges kontrolliert zu drehen, haben die hydraulischen Einfachhub-Drehwerke insbesondere bei den größeren Pflügen eine große Verbreitung gefunden. Eine Schlepper und Pflug hinreichend schonende Arbeitsweise konnte damit gewährleistet werden. Darüber hinaus ist man nicht mehr auf einen fallenden Pflug angewiesen, so daß unabhängig von einer wechselnden Schwerpunktlage innerhalb einer Typenfamilie gute Einsatzmöglichkeiten gegeben sind.

Als gewisser Nachteil im Vergleich zu den hydraulisch unterstützten Falldrehwerken muß die aufwendigere Kinematik angesehen werden, die in der Regel

- einen größeren Einbauraum,
- ein größeres Gewicht und
- oftmals auch größere Kolbenkräfte

nach sich zieht, was sich letztlich wiederum auf den Preis auswirkt.

3.3 Hydraulische Doppelhub-Drehwerke

Die jüngste Entwicklung auf dem Gebiet der hydraulisch betätigten Drehwerke stellt das hydraulische Doppelhub-Drehwerk dar. Bei diesem Drehwerkstyp wird eine hydraulische 180°-Drehung mit der gleichen Technik wie beim hydraulisch unterstützten Falldrehwerk erreicht, d.h. es wird kein aufwendiger Übertragungsmechanismus wie bei den hydraulischen Einfachhub-Drehwerken mit den genannten Nachteilen benötigt. Trotzdem ist man mit diesem Drehwerkstyp aufgrund der kontrollierten Drehung in beiden Drehphasen weder auf fallende Pflüge noch auf kleinere Pflüge beschränkt.

Durch die kompakte Bauweise und die universelle Einsatzmöglichkeit eignet sich das hydraulische Doppelhub-Drehwerk besonders gut für Pflugsysteme, die in den verschiedenen Größenabstufungen unterschiedliche Anforderungen an das Drehwerk stellen. Eine schonende Drehung ist ebenso gewährleistet wie bei den Einfachhub-Drehwerken.

Die Bedienung und Funktionssicherheit der hydraulischen Doppelhub-Drehwerke ist hauptsächlich von der Umsteuerungstechnik abhängig, da, wie schon im Abschnitt 2 erwähnt, ein überaus präzises Umsteuern der Ölströme zwischen den beiden Drehphasen notwendig ist. Die grundsätzlich zur Verfügung stehenden Möglichkeiten, die für eine Umsteuerung verwendet werden könnten, sind der Tafel 1 zu entnehmen. Neben der Umsteuerungsart sind in der Tafel die Art der Anbringung des Umsteuerungsventils sowie der benötigte Hydraulikanschluß am Schlepper aufgeführt.

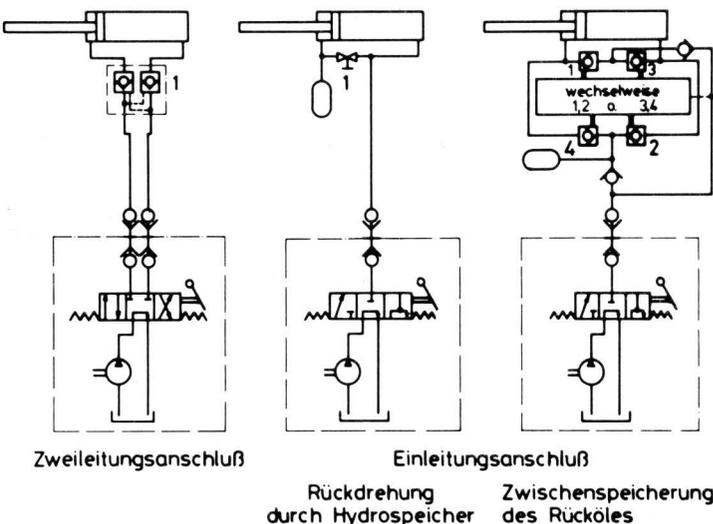


Bild 10. Hydraulische Ansteuerungen für Einfachhub-Drehwerke.

Art der Umsteuerung	Position der Umsteuerung am Zylinder	separat	kombinierbar mit Schlepperanschluß
handbetätigt mittels SI- Steuerventil		●	4/3 WV
selbsttätig wegabhängig mittels Dreh- o. Längsschieber	●	●	3/3 WV 3/3 WV + Tankrücklauf 4/3 WV
druckabhängig mittels Längs- schieber	●	●	3/3 WV 3/3 WV + Tankrücklauf 4/3 WV

Tafel 1. Arten der Umsteuerung hydraulischer Doppelhub-Drehwerke.

3.3.1 Handbetätigte Umsteuerungen

Als einfachste Lösung bietet sich die handbetätigte Umsteuerung durch ein doppeltwirkendes Schleppersteuerventil (4/3 WV) an, Bild 11. Da im Gegensatz zu den hydraulisch unterstützten Falldrehwerken hier jedoch ein sehr exaktes Umschalten des Steuerventils erforderlich ist - andernfalls müßten außerordentliche Druckspitzen und Beanspruchungen der Bauteile in Kauf genommen werden -, kommen Einfachstausführungen (links im Bild) nicht in Frage. Mit einer zusätzlichen Druckbegrenzung a und

einem hydraulisch entsperrenen Rückschlagventil b zur Endlagensicherung ergibt sich eine praktikable Lösung, rechte Bildhälfte. Die Bedienung verlangt vom Schlepperfahrer in jedem Falle ein hohes Maß an Aufmerksamkeit und Geschicklichkeit, so daß solche handbetätigten Umsteuerungen nicht mehr als Stand der Technik anzusehen sind.

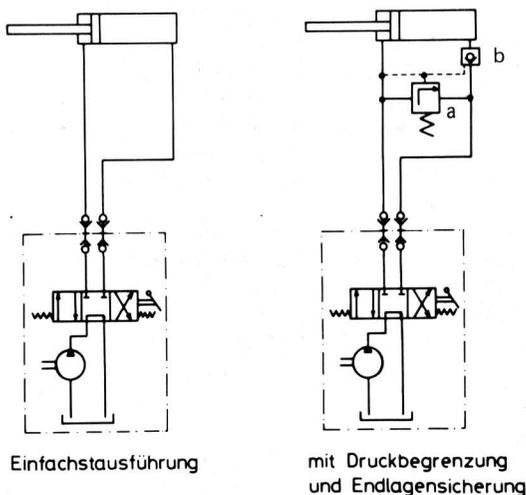


Bild 11. Handbetätigte Umsteuerungen für Doppelhub-Drehwerke.

3.3.2 Selbsttätige Umsteuerungen

Um den gleichen Bedienungskomfort wie bei den hydraulischen Einfachhub-Drehwerken zu ermöglichen, muß beim Doppelhub-Drehwerk eine selbsttätige Umsteuerung vorausgesetzt werden. Solche automatischen Umsteuerungsventile werden zwischen die Schlepperhydraulik und den Drehwerkszylinder geschaltet. Ihre Aufgabe ist es, den Drehwerkszylinder im Totpunkt ohne zusätzliche Betätigung des Steuerventils auf dem Schlepper von "Einfahren" auf "Ausfahren" umzusteuern. Die Möglichkeiten, die sich hierfür anbieten, sind ebenfalls in Tafel 1 zusammengefaßt und unterscheiden sich hinsichtlich der die Umsteuerung bestimmenden Größe in

- wegabhängige Umsteuerungen und
- durckabhängige Umsteuerungen.

3.3.2.1 Wegabhängige Umsteuerungen

Bei den wegabhängigen Umsteuerungen wird die während der Drehung auftretende Relativbewegung zwischen den bewegten Pflugteilen als Steuergröße genutzt. Die üblicherweise eingesetzten Drehschieber oder Längsschieber sind dabei durch die Drehung so zu betätigen, daß eine Bewegungsumkehr des Drehwerkszylinders genau im Totpunkt erfolgt. Die Präzision der Umsteuerung wird durch die exakte Abstimmung der Schaltelemente mit dem Drehvorgang bestimmt.

Eine zeitweise angewendete Lösung war die im Drehwerkszylinder integrierte wegabhängige Umsteuerung mit einem Längsschieber, Bild 12. Der einfahrende Kolben wird hier unmittelbar zur Ventilbetätigung genutzt. Sehr vorteilhaft ist bei dieser Konstruktion, daß alle Elemente im Drehwerkszylinder integriert sind; jedoch muß die Zylindergesamtlänge dem Pflugrahmen durch Einstellung angepaßt werden. Die Umsteuerung erfolgt entsprechend den Gesetzmäßigkeiten der Kreisfunktionen in einem Schwenkbereich, in dem der Kolben nur noch eine minimale Wegänderung bei einer großen Winkeländerung des drehenden Pfluges durchführt. Folglich ist in diesem Schwenkbereich eine präzise Umsteuerung der Ölströme nicht ganz problemlos.

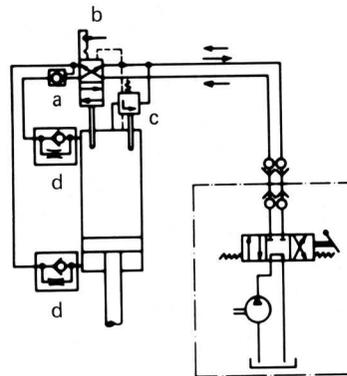


Bild 12. Im Drehwerkszylinder eines Doppelhub-Drehwerkes integrierte wegabhängige Umsteuerung mit Zweileitungsanschluß.

Bei dem dargestellten Beispiel wird daher gleichzeitig mit dem 4/2-Wegeventil b ein Druckbegrenzungsventil c vom einfahrenden Kolben entsperrt, so daß der kritische Schwenkbereich in der Nähe des Totpunktes drucklos, nur mit Hilfe des Schwungmomentes durchfahren wird. Dadurch kann ein verfrühtes oder verspätetes Umschalten mit den damit verbundenen Belastungsspitzen vermieden werden. Ein Voreilen des Pfluges während der Drehung infolge einer Schwerpunktexzentrizität wird durch die Drosselrückschlagventile d verhindert, so daß eine hydraulische Einspannung immer gegeben ist. Ist der Drehvorgang abgeschlossen, so schließt das während der Drehung hydraulisch entspernte Rückschlagventil a und sichert den Pflug gegen unbeabsichtigtes Rückdrehen während des Pflügens. Das immer noch auf "Ausfahren" gerastete 4/2-Wegeventil b muß vor Einleiten des nächsten Drehvorganges durch einen kurzen Druckimpuls in die Rücklaufleitung wieder in die gezeichnete Ausgangsstellung gebracht werden. Ein doppelwirkendes Steuerventil (4/3 WV) auf dem Schlepper ist also notwendig.

Das in Bild 13 gezeigte Doppelhub-Drehwerk mit wegabhängiger Umsteuerung ist dagegen nicht auf ein doppelwirkendes Steuerventil des Schleppers angewiesen. Der Bedienungsablauf ist jedoch ähnlich. Während des Drehvorganges wird das aus dem Drehwerkszylinder-verdrängte Öl (Rücköl) in einem Hydrospeicher zwischen gespeichert. Nach Beendigung der Drehung muß der Schlepperfahrer das gespeicherte Rücköl durch Umlegen des Schleppersteuerventils in die Schlepperhydraulik ablassen. Wird anstatt des Hydrospeichers ein separater Tankrücklauf zur Schlepperhydraulik verwendet, kann diese zusätzliche Ventilbetätigung entfallen.

Im Gegensatz zur vorher dargestellten Umsteuerung wird das separat angeordnete Umsteuerungsventil - Drehschieber oder Längsschieber - hier nicht durch den einfahrenden Kolben des Drehwerkszylinders, sondern durch einen Betätigungs-nocken am drehenden Pflugrahmen geschaltet. Aufgrund der günstigeren Übertragungsverhältnisse läßt sich der Umschaltzeitpunkt, eine sorgfältige Justierung der Schaltelemente vorausgesetzt, sehr viel genauer einhalten. Die drucklose Phase zwischen den beiden Drehphasen kann daher sehr klein gehalten werden. Dies ist vor allem in Hanglagen von Vorteil.

Das 6/2-Wegeventil b wird bei dieser Lösung auch nicht in den Schaltstellungen gerastet, sondern durch eine hydraulische Selbsthaltung während der Drehphase II in der durchgeschalteten Position gehalten; nach Abschluß der Drehung entfällt der Haltedruck, so daß das Ventil selbsttätig zurückschalten kann.

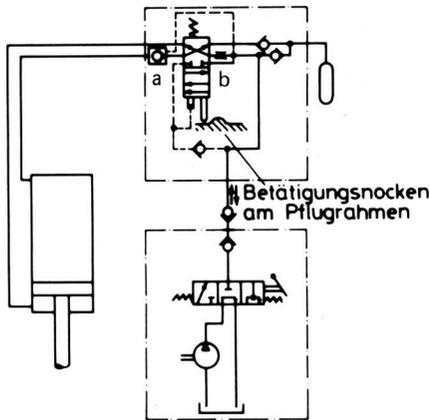


Bild 13. Separate wegabhängige Umsteuerung eines Doppelhub-Drehwerkes mit Einleitungsanschluß (Zwischenspeicherung des Rücköles).

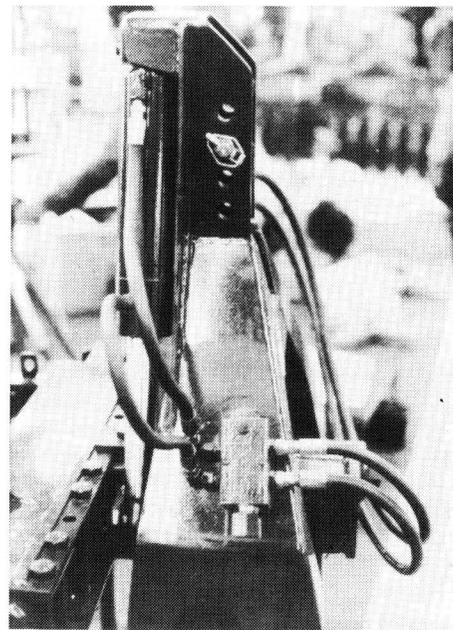


Bild 14. Doppelhub-Drehwerk mit separater druckabhängiger Umsteuerung.

3.3.2.2 Druckabhängige Umsteuerungen

Als Steuergröße bei den druckabhängigen Umsteuerungen dient die Druckänderung im hydraulischen System bei Erreichen der Kolbenendlage im Totpunkt. Prinzipiell läßt sich der Umschaltzeitpunkt dabei sehr genau einhalten; die Synchronisation zwischen der Kolbenendlage und dem Umschaltzeitpunkt ist ohne jegliche drucklose Phase zwangsläufig gegeben.

Die Betätigung der Umsteuerungsventile geschieht also auf rein hydraulischem Wege, so daß eine Justierung von mechanischen Schaltelementen entfällt. Jedoch müssen bei dieser Umsteuertechnik Vorkehrungen getroffen werden, um Störungen infolge von Druckschwankungen und Druckunterschieden im hydraulischen System zu kompensieren.

Beispielsweise muß mit unterschiedlichen maximalen Betriebsdrücken bei den verschiedenen Schlepperfabrikaten gerechnet werden. Darüber hinaus treten z.T. hohe Einschaltdrücke auf, die u.U. ein sofortiges Umschalten des Umsteuerungsventils vor Drehbeginn verursachen würden. Eine Drehung käme dann nicht zustande.

Unabhängig von den schlepperbedingten Druckunterschieden treten auch im normalen Fahrbetrieb während des Drehvorganges zusätzliche Druckschwankungen im Hydraulikkreis des Drehwerkes auf. Unkontrollierte Fehlschaltungen können hier die Folge sein.

Schwerpunkt der Entwicklungsarbeit bei den druckabhängig umgesteuerten Doppelhub-Drehwerken ist die Bereitstellung von hinreichend druckschwankungskompensierten Ventilschaltungen gewesen, die nach Möglichkeit sowohl mit einfachwirkenden als auch mit doppelwirkenden Steuerventilen auf dem Schlepper betrieben werden können.

Druckabhängige Umsteuerungsventile, gewöhnlich nur als Längsschieber ausgeführt, können ebenso wie wegabhängige Umsteuerungsventile als separate oder im Drehwerkszylinder integrierte Einheit ausgeführt sein (vgl. Tafel 1), **Bild 14 und 15**. Die Arbeitsweise einiger ausgewählter Schaltungen ist ausführlich in [3] erläutert. Beispielhaft seien an dieser Stelle lediglich die Schaltbilder dreier druckabhängiger Umsteuerungen gezeigt, die die Anforderungen hinsichtlich Kompatibilität der einzusetzenden Steuerventile auf dem Schlepper und Kompensationsmöglichkeit von Druckunterschieden bzw. -schwankungen erfüllen, **Bild 16**.

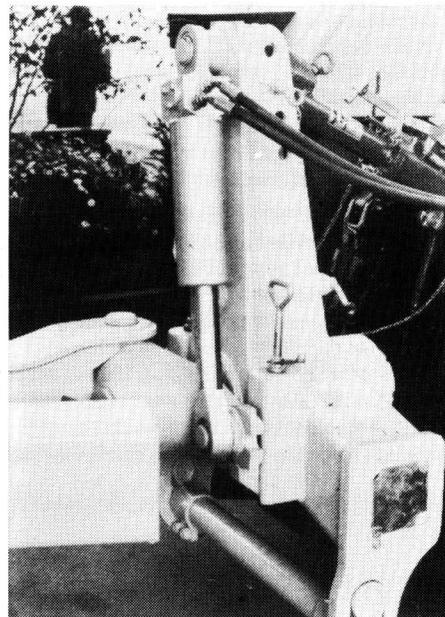


Bild 15. Doppelhub-Drehwerk mit integrierter druckabhängiger Umsteuerung.

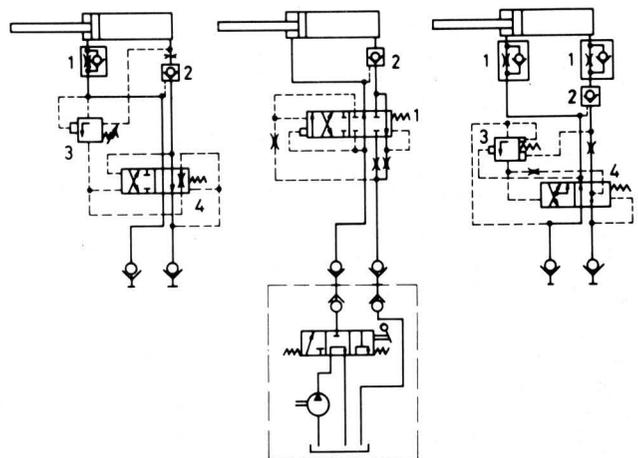


Bild 16. Druckabhängige Umsteuerungen für Doppelhub-Drehwerke mit Zweileitungsanschluß.

4. Erweiterte Anforderungen an die Drehwerkstechnik durch neue Pflugkonzepte

Die Ausbau- und Anpassungsfähigkeit von hydraulischen Drehwerksbetätigungen ist in den vorangegangenen Abschnitten hinsichtlich der verschiedenen einzusetzenden Schlepperhydrauliken und der unterschiedlichen Anforderungen seitens der Vollandpflüge (fallender Pflug – ziehender Pflug; geringe Drehmasse – große Drehmasse) eingehend behandelt worden. Ein weiterer Gesichtspunkt ist in jüngster Zeit durch neue Drehpflugtechniken mit höchsten Ansprüchen an die Drehwerke bzw. deren Schaltungen hinzugekommen.

Beispielsweise verlangen die geometrischen Verhältnisse und Masenkkräfte bei extremen Baugrößen, z.B. beim 5-Schar-Anbauvollandpflug, zusätzliche Maßnahmen während der Drehung. Die Drehung kann zumindest beim fallenden Pflug nicht mehr in der herkömmlichen Art und Weise durchgeführt werden; sie erfordert zusätzlich die Einschwenkung des Pflugrahmens in Richtung Rotationsachse [4].

Ähnliche Bedingungen liegen auch bei den neu entwickelten Frontdrehpflügen vor. Der seitlich vor dem Schlepper geführte Frontdrehpflug, Bild 17, wobei es sich in jedem Falle um einen ziehenden Pflug handelt, muß mit Hilfe eines Schwenkzylinders in Richtung auf die Rotationsachse eingeschwenkt werden, bevor der Drehwerkszylinder des Doppelhub-Drehwerkes die eigentliche Drehphase I beginnt. In Verbindung mit aufeinander abgestimmten Drosseln und Widerstandsventilen (nicht im Bild) wird sowohl der Einschwenk- als auch der Drehvorgang hier von nur einer druckabhängigen Umsteuerung gesteuert. Vom Schlepperfahrer bedarf es keiner zusätzlichen Betätigung.

Die Bedienung der gesamten in Bild 17 gezeigten Front-/Heckpflug-Kombination kann mit einem einzigen doppelwirkenden Steuerventil auf dem Schlepper durchgeführt werden. Bei einer nach Bild 16 ausgeführten druckabhängigen Umsteuerung wird für jedes Umsteuerventil nur jeweils ein Druckölanschluß benötigt und auch nur wirksam, so daß sich in den Schaltstellungen 1 bzw. 2 des Steuerventils auf dem Schlepper eine Zuordnung zum jeweils zu bedienenden Front- oder Heckdrehwerk ergibt. Bei anderen Front-/Heckpflug-Kombinationen mit z.B. wegabhängigen Umsteuerungen können beide Drehwerke auch parallel betätigt werden.

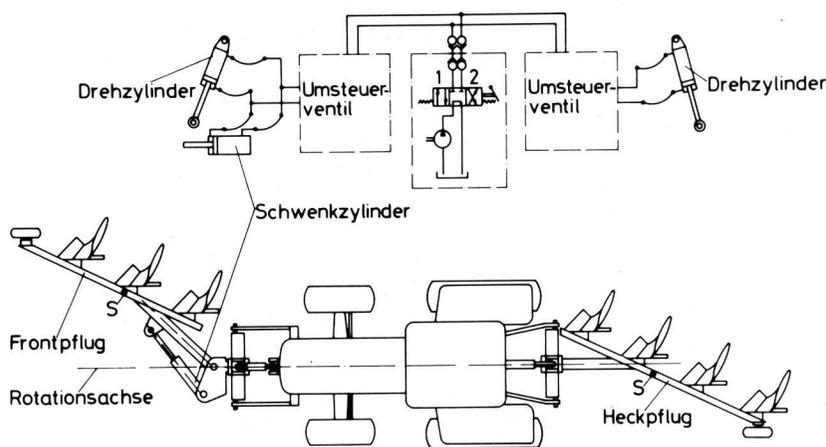


Bild 17. Hydraulische Betätigung zweier druckabhängig umgesteuerter Doppelhub-Drehwerke an Front- und Heckpflug [5].

5. Zusammenfassung und Schlußfolgerung

Die heute eingesetzten Drehwerke für Vollandpflüge sind in der großen Mehrzahl hydraulisch betätigt. Abhängig von der Größe der zu drehenden Pflüge und ihrer Schwerpunktlage in bezug auf die Rotationsachse wechseln die Anforderungen an das Drehwerk, dabei ist vor allem zwischen fallenden und ziehenden Pflügen zu unterscheiden.

Abhängig von der Arbeitsweise können die eingesetzten hydraulisch betätigten Drehwerke in drei Grundtypen eingeteilt werden:

- Das "hydraulisch unterstützte Falldrehwerk" erweitert den Einsatzbereich der mechanischen Falldrehwerke durch eine hydraulische Unterstützung in der Drehphase II hin zu den mittleren Pfluggrößen. Allerdings ist man dabei nach wie vor auf fallende Pflüge angewiesen und muß außerdem auch während der Drehung manuell schalten.
- Diese Einschränkungen gelten nicht für die "hydraulischen Einfachhub-Drehwerke". Durch besondere mechanische Drehwerksgetriebe kann bei ihnen jeweils 1 Kolbenhub in eine volle 180°-Drehung umgesetzt werden. Ein Umschalten des Zylinders während der Drehung entfällt hier.
- Bei den "hydraulischen Doppelhub-Drehwerken" wurde wieder auf das Funktionsprinzip der hydraulisch unterstützten Falldrehwerke zurückgegriffen. Man spart dadurch mechanische Drehwerksgetriebe ein. Um aber dennoch eine hydraulische Vollandpflugdrehung, wie bei den Einfachhub-Drehwerken zu erreichen, wird ein doppelwirkender Hydraulikzylinder verwendet. Diese Entwicklung wurde ermöglicht durch den Einsatz von funktionssicheren und möglichst selbsttätigen Umsteuerungen, so daß die Drehung des Pfluges ohne größeren Bedienungsaufwand ablaufen kann.

Durch ihren einfachen mechanischen Aufbau haben die hydraulischen Doppelhub-Drehwerke inzwischen die größere Verbreitung gefunden. Der Schwerpunkt der Entwicklungsarbeit liegt hier bei den Umsteuerventilen, die wegabhängig oder druckabhängig geschaltet werden. Für den Anwender sind kompakte Drehwerke mit universeller Einsatzmöglichkeit für unterschiedliche Pfluggrößen und möglichst alle Schleppertypen von ausschlaggebender Bedeutung.

Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [1] Wilkens, D.: Hydraulische Wendevorrichtungen für Vollandpflüge. Agrartechnik international Bd. 60 (1981) Nr. 6, S. 10/16.
- [2] ● Dizioglu, B.: Getriebelehre, Grundlagen. Band 1. Braunschweig: Vieweg 1967.
- [3] Wilkens, D. u. J. Peiffer: Gute Erfahrungen mit hydraulischen Drehwerks-Umsteuerungen. fluid Bd. 18 (1984) Nr. 5, S. 10/15.
- [4] Wilkens, D.: Die hydraulische Rahmeneinschwenkung. Agrartechnik international Bd. 61 (1982) Nr. 7, S. 18/20.
- [5] Garbers, H. u. D. Wilkens: Die Anwendung der Hydrostatik in Landmaschinen und Ackerschleppern. o + p – ölhydraulik und pneumatik Bd. 28 (1984) Nr. 9, S. 541/47.