

- [3] *Getzlaff, G.*: Messung der Kraftkomponenten an einem Pflugkörper, s. a.a.O. dieses Heftes.
- [4] *Poncet, W.v.*: Untersuchungen über das Kräftespiel an einem Pflugkörper.  
Diss. T. H. München 1939.
- [5] *Clyde, A.W.*: Mechanics of Plow and Tractor Hitches.  
Agricult. Engng. Nov. 1934.
- [6] *Clyde, A.W.*: Mounted Plows and their Effect on the Tractor Agric. Engng. Mai 1940.
- [7] *Seifert, A.*: Ölhdraulische Kraftheber für den Ackerschlepper, Bild 14, s. a.a.O. dieses Heftes.
- [8] *Bock, G.*: Reifenprobleme.  
In: Berichte über Landtechnik XI, Der Schlepper und sein Gerät. Wolfratshausen/München 1950. S. 17 ff.
- [9] *Meyer, H.*: Die Schlepper auf den Ausstellungen in Hannover und München.  
Landtechn. 4 (1949) S. 688.
- [10] *Skalweit, H.*: Der Einfluss der landwirtschaftlichen Arbeitsgeräte auf die Gestaltung des Schleppers.  
Z. VDI 92 (1950) S. 967 u. 971.
- [11] *Meyer, H.*: Beiträge zur Beurteilung von Schlepperbauarten.  
In: Berichte über Landtechnik III, Schlepper und Arbeitsgerät. Wolfratshausen/München 1948. S. 108 ff.
- [12] *Skalweit, H.*: Technische Möglichkeiten des Schlepperbaues zur Erfüllung der landwirtschaftlichen Forderungen.  
In: Berichte über Landtechnik VII d, Vorträge KTL-Tagung Wiesbaden. Wolfratshausen/München 1950. S. 90 ff.
- [13] *Marks, K.*: Der Einfluss der Anhängelast auf die Radbelastung beim Schlepper.  
Landtechnik 4 (1949) S. 828/830.
- [14] – Proving avhjultractor (Ferguson TE-A-20).  
Statens Maskinprovningar, Ultuna-Alnarp (Schweden).  
Mitt. Nr. 910 (1949).
- [15] *Jouhannaud, M.*: Dynamique des Tracteurs à Outils Portés.  
Machine Agricole Moderne IV (1950) H. 7/8.
- [16] – Abdruck des Normentwurfes 9672  
in: Landtechn. 6 (1951) 78.

Institut für Schlepperforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode  
Direktor: Prof. Dipl.-Ing. H. Meyer.

Anschrift des Verfassers: Dipl.-Ing. Helmut Skalweit, (20b) Braunschweig, Forschungsanstalt für Landwirtschaft

## DIE KINEMATIK VON AUSHEBEVORRICHTUNGEN

Von Kurt Hain

Die Aushebevorrichtungen an Ackerschleppern dienen vor allem dazu, Bodenbearbeitungswerkzeuge für den Transport auf der Strasse zu heben und auf dem Acker das Werkzeug so weit zu senken, dass es in einer geforderten Tiefe einwandfrei arbeitet. Diese Aushebevorrichtungen müssen jedoch ausser dem Heben und Senken noch eine Reihe anderer Forderungen erfüllen, die nachstehend behandelt werden.

Beim Heben und Senken der Werkzeuge ist zu beachten, dass in gehobener Stellung eine genügende Bodenfreiheit gesichert ist. Es wird vereinzelt sogar die Forderung gestellt, die Geräte so hoch zu heben, dass die Anhängelklausen am Schlepper zum Einhängen des Ackerwagens oder anderer Anhängergeräte von den gehobenen Werkzeugen freigegeben wird. Wichtig ist auch eine günstige Lage des Gesamtschwerpunktes des angehängten Gerätes so, dass der Schlepper nicht nach hinten kippen kann. Bei Vorhandensein eines Krafthebers sollte dafür gesorgt werden, dass keine allzu hohen Belastungsspitzen [1] auftreten, d.h. die Kräfte, die auf den Kolben des Krafthebers wirken, sollen während des gesamten Bewegungsverlaufes möglichst konstant bleiben. Es ist also die Forderung zu erfüllen, die durch die Gewichte der zu hebenden Teile entstehenden Kräfte bzw. Drehmomente der Charakteristik der Kraftheber möglichst gut anzupassen [2].

Die Arbeitsbedingungen für den Pflug sind so vielseitig, dass in den folgenden Ausführungen dieses Gerät allgemein als Beispiel angenommen werden soll. Zu erwähnen wäre allenfalls noch die Aushebevorrichtung für den Mähbalken, bei der eine sogenannte Schwadstellung verlangt wird, wobei der Mähbalken nur so weit aus dem Arbeitsbereich gehoben und gerastet wird, dass ein einwandfreies Wenden auf dem Felde möglich ist. Für den Transport auf der Strasse muss der Mähbalken dagegen zur Verringerung der Fahrbreite senkrecht nach oben geklappt und dort wieder eingerastet werden. Die Möglichkeiten solcher Mittelraststellungen sollen im Folgenden unberücksichtigt bleiben.

### 1. Kinematische Vorbetrachtungen

Die Aushebevorrichtungen bestehen im allgemeinen aus einfachen Stangen mit Bohrungen. Zylindrische Zapfen dienen zur gelenkigen Verbindung dieser Teile. Es handelt sich nur um schwingende Bewegungen, und keines der bewegten Teile vollführt im allgemeinen umlaufende Drehbewegungen. Die Übertragung von einem Getriebeteil auf das andere ist – im Gegensatz beispielsweise zu Zahnradgetrieben – ungleichförmig, d.h. bei einem gleichförmig sich bewegenden Antriebsglied bewegen sich sämtliche anderen Getriebeglieder mit sich ändernder Geschwindigkeit. Das hat zur Folge, dass sich

bei einer gleichförmig wirkenden Antriebskraft oder einem gleichförmig wirkenden Antriebsdrehmoment die an den anderen Getriebeteilen wirkenden Kräfte und Drehmomente während des Bewegungsverlaufes ändern.

Diese Getriebe werden als Kurbelgetriebe oder Gelenkgetriebe bezeichnet. Sie gehören in die Gruppe der periodisch übersetzenden Getriebe, da nach gewissen Bewegungsperioden die ungleichförmige Bewegungsübertragung sich wiederholt.

In den folgenden Ausführungen wird für verschiedene Aufgabestellungen jeweils eine Auswahl von Lösungsmöglichkeiten angeführt, wobei auch schon besonderer Wert auf die praktische Ausführbarkeit gelegt wurde.

In Bild 1 ist eine Aushebevorrichtung für einen Pflug an einem Schlepper mit den ausgeführten Hebeln gezeigt. Für die theoretischen Betrachtungen soll eine schematische Darstellung nach Bild 2 gewählt werden. Die festen Drehpunkte  $A_0$  und  $B_0$  am Schlepper werden in der gezeigten Weise mit ein-

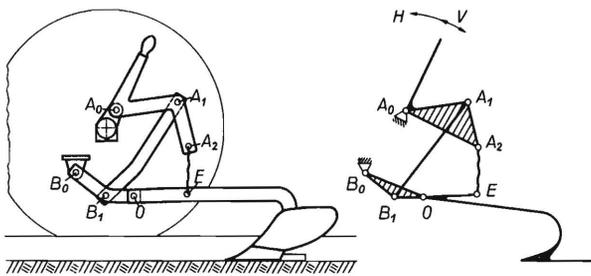


Bild 1 (links). Einfache Darstellung eines Anbaupfluges mit Hebegetriebe. Bild 2 (rechts). Dasselbe Gerät schematisch gezeichnet.

facher Schraffur gekennzeichnet, die Gelenkpunkte mit Nullkreisen, einfache Hebel mit 2 Gelenken (z.B. Hebel  $A_1B_1$ ) als gerade Linien, und Hebel mit mehr als 2 Gelenkpunkten (z.B. die Hebel  $A_0A_1A_2$ ,  $B_0B_1O$ ) als schraffierte Flächen. Ein reines Zugglied, z.B. eine Kette oder ein Seil, wird, auch wenn es sich in gespannter Lage befindet, als Schlangelinie dargestellt (s. Verbindungslinie  $A_2E$ ).

## 2. Getriebefreiheitsgrad

Während des Aushebevorganges ist ein einwandfreier Getriebezwangslauf anzustreben, d.h. wenn z.B. der Kolben des Krafthebers als Antriebsglied wirkt, müssen die Bewegungen sämtlicher anderen Glieder des Getriebes so durchgeführt werden,

dass kein Nachgeben an irgendeiner Stelle eintreten kann. Im Arbeitsbereich des Werkzeuges wird aber im Gegensatz hierzu oft verlangt, dass der Werkzeugträger sich frei einspielen kann, ohne von den anderen Getriebegliedern irgendwie beeinflusst zu werden. Es muss also bei einem Getriebe für einen Pflug u.a. möglich sein, den Kraftheber oder einen Handhebel einzurasten und dabei den Pflug sich im Boden frei einspielen zu lassen.

Die Möglichkeit eines solchen Freiheitsgrades ist gegeben durch ein Zugglied, d.i. ein Getriebe-glied, das nur auf Zug beansprucht werden kann, z.B. eine Kette oder ein Seil. Wird nach Bild 3 die gesamte Vorrichtung so weit gesenkt, dass der Pflugkörper auf dem Boden aufliegt, so wird bei der Weiterbewegung die Entfernung zwischen den beiden Aufhängepunkten der Kette geringer als die Kettenlänge, die Kette lockert sich, und der Pflug kann sich frei um seinen Anlenkpunkt  $O$  bewegen.

Eine weitere Möglichkeit für den erwähnten Freiheitsgrad bietet ein Anschlag zwischen zwei benachbarten Getriebe-gliedern, Bild 4. Durch die Bemessung des Getriebes braucht nur dafür gesorgt zu werden, dass nach Aufliegen des Pflugkörpers auf dem Boden beim Weiterbewegen des übrigen Getriebes der Anschlag sich öffnet. Es ist wichtig, dass derartige Anschläge nur zwischen zwei benachbarten Gliedern vorgenommen werden, da sonst eine Relativbewegung zwischen den beiden Anlageflächen des Anschlages auftreten kann, wobei die entstehende Reibung einen zusätzlichen Arbeitsaufwand und unerwünschte Abnutzung hervorruft. Der Anschlag zwischen benachbarten Gliedern kann unbearbeitete Anlageflächen haben; ausserdem kann er bezüglich seiner Lage zu den beiden Gliedern beliebig angenommen werden. Die Möglichkeit der freien Bewegung des Pfluges kann auch nach Bild 5 mit Hilfe von zusätzlichen Hebeln  $a$  und  $b$ , die als benachbarte Glieder ebenfalls einen einfachen Anschlag haben, vorgenommen werden.

Weitere Möglichkeiten ergeben sich nach Bild 6, wenn man während der freien Bewegung des Pfluges einen Bolzen in einem Langloch gleiten lässt. Beim Heben legt sich dieser Bolzen gegen das Ende des Langloches und stellt dadurch den für das Heben notwendigen Zwangslauf her. Im allgemeinen sind Langlöcher und Kulissen mit Schiebern in Aushebevorrichtungen abzulehnen, sofern sie Kräfte senkrecht zur Gleitbahn zu übertragen haben, da diese Verbindungen im Gegensatz zu den einfachen Dreh-

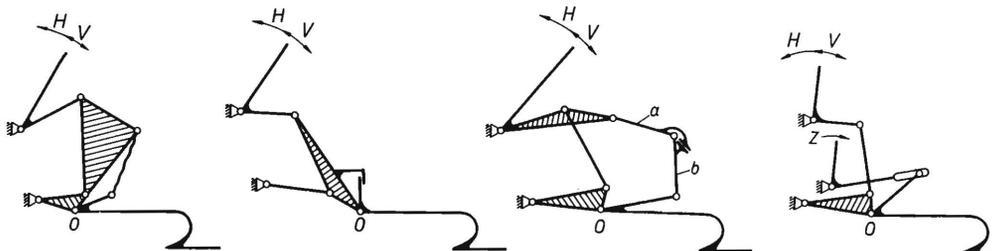


Bild 3 bis 6. Ermöglichung der freien Bewegung des Pfluges in der Arbeitsstellung. Bild 3: Zugglied als Seil oder Kette; Bild 4: einfacher Anschlag; Bild 5: Zwischenhebel  $a$  und  $b$  mit Anschlag; Bild 6: Hebel mit Langloch mit der Möglichkeit eines zusätzlichen Druckes am Hebel  $Z$ .

gelenken besonderer Wartung bedürfen und einem grösseren Verschleiss unterworfen sind. Im Beispiel des Bildes 6 ist aber der das Langloch tragende Hebel während der freien Bewegung des Pfluges kraftentlastet, sodass die angegebenen Nachteile weniger in Erscheinung treten.

Hebegetriebe mit hydraulischem oder pneumatischem Kraftheber ermöglichen auf einfache Weise eine freie Bewegung des Pfluges, wenn mit Hilfe eines Ventiles der Gegendruck vom Kolben genommen wird, sodass dieser sich im Zylinder frei bewegen kann.

### 3. Tiefeneinstellung und Ausheben

Bei einigen Bodenbearbeitungsgeräten, vor allem beim Pflug, muss die Möglichkeit einer Tiefeneinstellung gegeben sein. Diese Tiefeneinstellung ist ebenfalls eine wichtige der Aushebevorrichtung zuzufallende Aufgabe. Eine bekannte Einstellmöglichkeit für die Pflugfurchentiefe ist durch die Verstell-

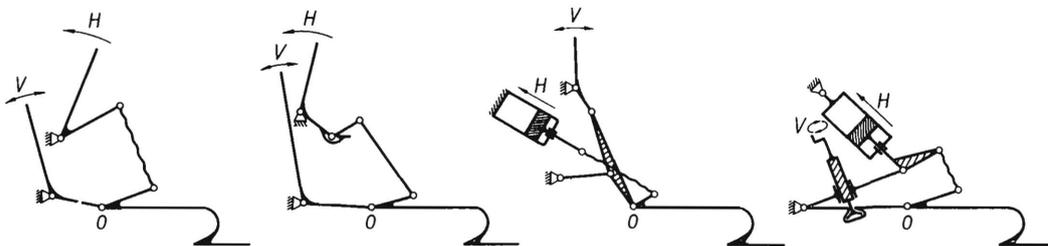


Bild 7 bis 10. Verstellung des Pflugführungspunktes relativ zum Schlepper; Hub- und Verstellbewegung getrennt.

lung des Gelenkpunktes, in dem der Pflug aufgehängt ist (Schwingpflug), gegeben. Es ist dies also eine Verstellung des Pflugführungspunktes relativ zum Schlepper [3].

Bei allen diesen Verstelleinrichtungen sind zwei grundsätzliche Ausführungsformen zu unterscheiden. Man kann nämlich die Verstellbewegung des Pflugführungspunktes mit einem Verstellhebel vornehmen und diesen einrasten lassen, während ein besonderer Handhebel oder der Kraftheber zum Heben des gan-

sparen. Ausserdem braucht man beim fahrenden Schlepper nicht den über dem Pflug befindlichen Erd balken zu heben, da im unteren Bereich der Handhebel- bzw. Kraftheberbewegung eine zwangsläufige Anstellung des Pfluges schräg nach oben vorgenommen wird, die den Pflug ohne weitere Arbeit am Hubgetriebe aus der Erde zwingt.

In Bild 7 sind Handhebel und Verstellhebel getrennt; der Freiheitsgrad im unteren Bereich wird durch die dargestellte Kette ermöglicht. Bild 8 zeigt eine andere Ausführungsform mit getrenntem Hand- und Verstellhebel, bei welcher der Freiheitsgrad durch einen einfachen Anschlag gewährleistet ist. Wenn man nach den Bildern 9 und 10 den Kraftheberzylinder als Getriebeglied in die Aushebevorrichtung einordnet, kann man z.B. nach Bild 9 die Verstellbewegung von einem Handhebel V und die Hubbewegungen von einem feststehenden Kraftheberzylinder H über eine Kette bewerkstelligen. In Bild 10 ist die Tiefeneinstellung V mit Hilfe einer Schrau-

bspindel und das Heben unter Benutzung eines drehbar aufgehängten Kraftheberzylinders erreicht worden.

Die Bilder 11–14 zeigen ebenfalls die Verstellung des Pflugführungspunktes relativ zum Schlepper, wobei aber hier die Hub- und Verstellbewegung in einem Getriebeglied vorgenommen werden [4]. In Bild 11 dient ein Handhebel H+V zur Tiefeneinstellung im unteren Bereich und zum Heben, während der Freiheitsgrad durch einen Bolzen in einer fest-

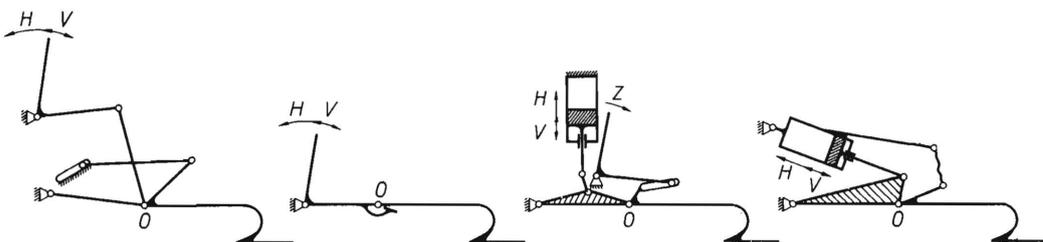


Bild 11 bis 14. Verstellung des Pflugführungspunktes relativ zum Schlepper; Hub- und Verstellbewegung in einem Getriebeglied vereinigt.

zen Gerätes dient. Diese Anordnung hat den Vorteil, dass der volle Weg des Handhebels und vor allem des Krafthebers für das eigentliche Ausheben des Gerätes zur Verfügung steht und dass für eine bestimmte Tiefeneinstellung nur ein einmaliges Bedienen des Verstellhebels notwendig ist.

Vereinigt man aber den Vorgang des Hebens und des Verstellens in einem Getriebeglied, so kann man dadurch ein oder mehrere Getriebeglieder ein-

stehenden Führungsbahn gewährleistet wird. Beim Heben legt sich dieser Bolzen an das Ende des Langloches, und der Zwanglauf für das Ausheben ist gewährleistet. Die einfachste, überhaupt mögliche Aufhängung eines Pfluges zeigt Bild 12. Die Vorrichtung besteht lediglich aus einem Handhebel H+V, dem gelenkig aufgehängten Pflug und einem einfachen Anschlag zwischen beiden. Die Anwendung dieses einfachen Getriebes scheidert aber in

den meisten Fällen an der Platzfrage, da der Handhebel mit seinem verhältnismässig grossen Schwingwinkel kaum in der für die Betätigung notwendigen Lage untergebracht werden kann. Die Bilder 13 und 14 zeigen einen mit dem Fahrgestell fest verbundenen Kraftheberzylinder und einen solchen, der um einen Drehpunkt schwenkbar angeordnet ist. Beide Kraftheber H+V dienen sowohl zur Tiefenverstellung als auch zum Ausheben. Der Freiheitsgrad zum freien Spiel des Pfluges wird auf bereits bekanntgegebene Arten ermöglicht. Im Bild 13 ist zu beach-

Bild 15 und 16 zeigen je eine solche Pflugsohlenverstellung mit Hilfe einer Schraubenspindel, während das Heben und Senken das einemal mit Hilfe eines Hebels H und das anderemal durch einen drehbar angeordneten Kraftheber vorgenommen wird. Im Bild 17 ist eine Pflugsohlenverstellung ersichtlich, die von einem Hebel H+V erfüllt wird, der gleichzeitig in seinem oberen Bewegungsbereich zum Heben dient. Wenn im Arbeitsbereich dieser Hebel verstellt wird, wird der Punkt A während seines ganzen Bereiches gezwungen, sich jeweils auf ei-

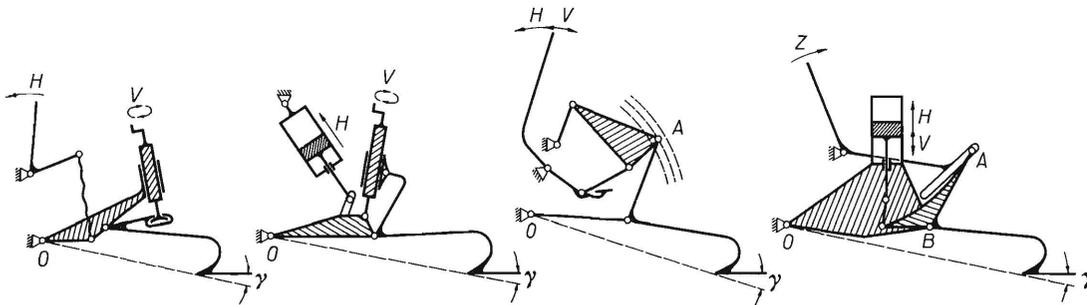


Bild 15 bis 18. Verstellung des Pflugführungspunktes relativ zur Furchensohle. Bild 15 und 16: Hub- und Verstellbewegung getrennt; Bild 17 und 18: Hub- und Verstellbewegung in einem Getriebeglied vereinigt.

ten, dass für jede Lage des Pfluges auf diesen ein zusätzlicher Druck durch den Hebel Z<sup>1)</sup> ausgeübt werden kann.

Durch systematische getriebetechnische Untersuchungen findet man bei gleicher Gliederzahl für die Aufgabe: „Verstellung des Pflugführungspunktes relativ zum Schlepper, Hub- und Verstellbewegung vereinigt“ insgesamt etwa 100 verschiedene Ausführungsformen; Bild 11 bis 14 sind daraus vier ausgesuchte Beispiele.

Eine weitere Möglichkeit zur Einstellung der Pflugfurchentiefe besteht in der Verstellung des Pflugführungspunktes relativ zur Pflugsohle.

nem angenäherten Kreisbogen um den Pflugdrehpunkt O als Mittelpunkt zu bewegen. Bei der Verstellung des Hebels H+V wird der Halbmesser dieses Kreisbogens grösser oder kleiner. Der Pflug kann im Boden frei schwingen, wenn der gezeichnete Anschlag sich geöffnet hat. Wegen der Bewegung des Punktes A auf einem Kreisbogen um O findet keine Relativbewegung zwischen dem Pflug und dem in O gelagerten Hebel statt, sodass für die jeweils eingestellte Furchentiefe auch der Winkel  $\gamma$  konstant bleibt.

Im Bild 18 ist der Kraftheber auf einem Hebel befestigt, der um den Pflugführungspunkt O dreht. Der

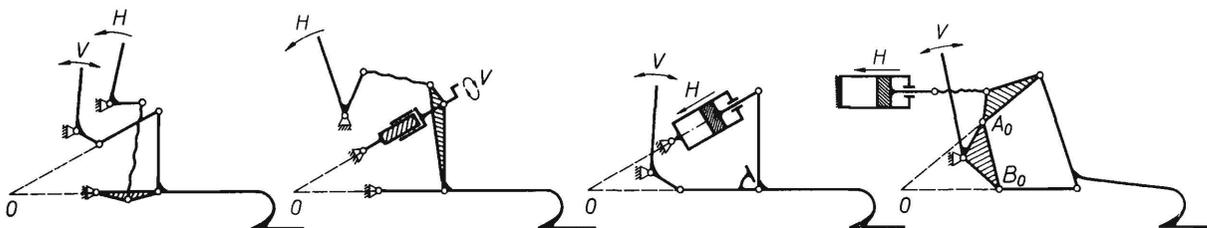


Bild 19 bis 22: Mehrgelenkpflüge, Hub- und Verstellbewegung getrennt.

Der Drehpunkt des Pfluges behält hierbei seine Lage relativ zum Schlepper, und es wird lediglich dafür gesorgt, dass der Winkel  $\gamma$ , den die Pflugsohle mit der Verbindungslinie zwischen Pflugspitze und Drehpunkt O einschliesst, verstellt wird (Bild 15 bis 18). Welcher der beiden Furchentiefenverstellungen, Verstellung des Pflugführungspunktes relativ zum Schlepper oder relativ zur Pflugsohle, der Vorzug zu geben ist, muss eingehenden Untersuchungen an vorhandenen oder neu zu entwickelnden Pflugkörpern vorbehalten bleiben [5].

Pflugkörper ist im Punkt B dieses Hebels angelenkt und gleitet mit dem Bolzen A in einem Langloch. In jeder Lage innerhalb des Verstellbereiches, in der der Kraftheber festgestellt wird, ist ein anderer Winkel  $\gamma$  festgelegt, der auch eine andere Furchentiefe ergibt. Beim Hebevorgang, im oberen Bereich des Kolbenweges, legt sich der Punkt A in schon beschriebener Weise an das Ende des Langloches, und der Kraftheber hebt das gesamte Getriebe und sich selbst mit in die Transportstellung.

Eine Kombination der beiden beschriebenen Tiefeinstellungen ist mit Hilfe von Mehrgelenk-

1) Der Hebel Z ist in diesem und allen anderen Beispielen nicht feststellbar.

pflügen möglich. Wenn sich der einfache Schwingpflug im Arbeitsbereich um einen für die jeweilige Furchentiefe feststehenden Punkt in einem Kreisbogen bewegt, so kann der Mehrgelenkpflug eine stark vom Kreis abweichende Bewegung ausführen. Der einfache Schwingpflug muss als ein Sonderfall betrachtet werden; denn der Mehrgelenkpflug stellt die allgemeinste Lösung für die Bewegung eines solchen Gerätes dar. In diesem Sinne ist es abwegig, den Mehrgelenkpflug als Ersatz für den Schwingpflug zu betrachten. Es ist die Möglichkeit gegeben, einen sogenannten ideellen Führungspunkt  $O$  beliebig in die Bewegungsebene zu legen (Bild 19), vor allem seine wirksame Lage so zu wählen, dass er als Drehachse körperlich nicht ausgeführt zu werden braucht. Der Mehrgelenkpflug kann auch als ein Schwingpflug mit einem ideellen Führungspunkt (Pol) bezeichnet werden, wobei im Gegensatz zum einfachen Schwingpflug der Führungspunkt nicht fest zum Schlepper ist, sondern bei einer Schwingbewegung des Pfluges wandert. Der augenblickliche Führungspunkt  $O$ , um den der Pflugkörper dreht, ergibt sich im Bild 19 als Schnittpunkt der beiden Lenker, mit denen der Pflugkörper gelenkig verbunden ist. Dieser Pol  $O$  kann also beispielsweise vor dem Schlepper, im Boden oder auch im Unendlichen liegen. Der letztere Fall träte ein, wenn die beiden Lenker parallel zueinander sind. In Bild 19 ist der Pflug als Gelenkviereck ausgebildet, von welchem durch einen besonderen Verstellhebel  $V$  ein Gelenkpunkt zur Tiefeneinstellung verstellbar wird.

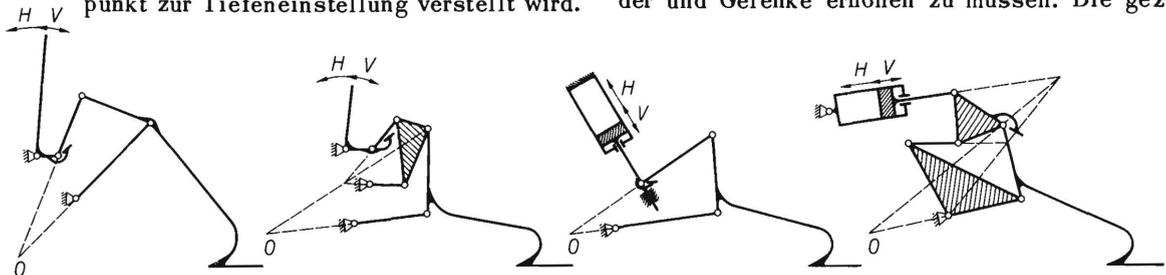


Bild 23 bis 26. Mehrgelenkpflüge, Hub- und Verstellbewegung in einem Getriebeglied vereinigt.

In Bild 20 wird zur Tiefeneinstellung ein Kurbelglied des Gelenkviereckes mit Hilfe einer Schraubenspindel  $V$  in seiner Länge verändert, wodurch sich wieder eine Tiefenverstellung ergibt. In den beiden Bildern 19 und 20 erfolgt das Heben mit Hilfe eines besonderen Hebels und einer Kette oder eines Seiles. In den Bildern 21 und 22 sind Pflugaufhängungen im Gelenkviereck dargestellt, bei denen das Heben mit Hilfe eines Krafthebers  $H$  vorgenommen wird. Im Bild 21 rastet der Kraftheber nach Beendigung des Senkvorganges in eine Endstellung ein, und die Tiefenverstellung wird mit Hilfe des Handhebels  $V$  vorgenommen. Im Bild 22 werden durch den Verstellhebel  $V$  gleichzeitig zwei Punkte  $A_0$  und  $B_0$  des Gelenkviereckes zum Zwecke der Tiefeneinstellung verstellt, während der feste Kraftheber  $H$  nur zum Heben und Senken dient.

Beim Mehrgelenkpflug können besonders hohe Ansprüche bei einfachem Aufbau erfüllt werden, wenn das Heben und Verstellen mit Hilfe nur eines Ge-

triebegliedes vorgenommen wird. So braucht man z.B. im Bild 23 den Hebel  $H + V$  nur mit einem Anschlag zu versehen, der sich beim Heben anlegt und im Arbeitsbereich den Pflug frei gibt. Im unteren Bereich wird durch Verstellen dieses Hebels eine Tiefeneinstellung ermöglicht.

In Bild 24 sind an der Führung des Pfluges in der Arbeit mehr Gelenke und Getriebeglieder beteiligt als beim Gelenkviereck, wodurch vor allem eine besonders gute Anpassung an die Platzverhältnisse erreicht werden kann. Trotzdem ist der kinematische Gesamtaufwand für das Führen, Verstellen und Heben bei dem Pflug in Bild 24 nicht grösser als beispielsweise bei dem Pflug in Bild 19. Die Hub- und Verstellbewegung ist in einem Hebel vereinigt. Der augenblickliche Drehpunkt  $O$  wird in der gezeichneten Weise gefunden. Im Bild 25 dient ein fester Kraftheber gleichzeitig zum Heben und Verstellen des Pfluges, wobei auch hier ein einfacher Anschlag das freie Schwingen des Pfluges ermöglicht. Der Kraftheber des Bildes 26 ist drehbar angeordnet, er dient gleichzeitig zum Heben und Verstellen. Bei dem dargestellten Getriebe zum Bewegen des Pfluges wird der augenblickliche Drehpunkt  $O$  mit Hilfe der gezeigten Verbindungslinien gefunden.

Der Mehrgelenkpflug ergibt die Möglichkeit, durch verschiedenartige Anordnung der Getriebeglieder eine grosse Anzahl von Aushebevorrichtungen zu entwerfen, ohne zu diesem Zweck die Zahl der Glieder und Gelenke erhöhen zu müssen. Die gezeigten

Beispiele zeigen nur einen Ausschnitt aus dem Bereich der Möglichkeiten.

Die Furchentiefe eines Pfluges, der im Boden frei spielen kann, schwankt mit dem Widerstand, den der Pflugkörper je nach Bodenart und -feuchtigkeit findet. Es sind deshalb auch Pfluganordnungen bekannt, die auf ein freies Spiel verzichten und den Pflug kraft- und formschlüssig in eine feste Verbindung mit dem Schlepper bringen. So ist es z.B. in gewissen Grenzen nach Bild 27 möglich, eine Pflugtiefenverstellung durch eine veränderliche Kraft  $Q_1$ , die den Pflug in den Boden hineindrückt, zu erreichen. Dadurch entsteht eine entsprechende Gegenkraft  $Q_2$ , die allerdings den Nachteil hat, die auf das Schlepperhinterrad wirkende vertikale Kraftkomponente zu verringern. Dieser Nachteil kann nach Bild 28 vermieden werden, ja es ist sogar möglich, den Hinterraddruck zu erhöhen, wenn man den Pflugkörper ohne Sohle arbeiten und die vertikale Arbeitskomponente durch Verriegelung des Pfluges

mit dem Schlepper durch die Schlepperhinterräder aufnehmen lässt (System Ferguson).

Alle bisher beschriebenen Tiefeneinstellungen sind nur eine mittelbare Verstellung des Pfluges, d.h. man muss hierbei eine bestimmte Stellung des Verstellhebels wählen, die erreichte Furchentiefe beobachten und nach dieser die Lage des Verstell-

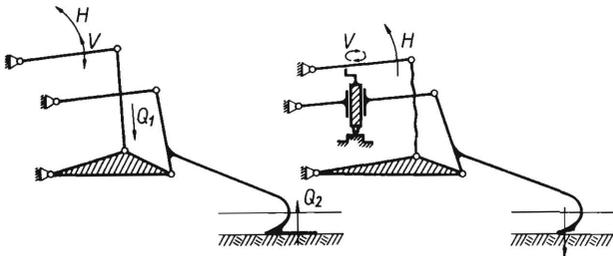


Bild 27 und 28. Tiefeneinstellung des Pfluges durch Abstützung gegen den Schlepper.

hebels im entsprechenden Sinne korrigieren. Da aber die Furchentiefe bei Schwingpflügen ausser von der Einstellung auch vom Bodenzustand und von der Körperform abhängig ist, werden sich für eine bestimmte Furchentiefe verschiedene Einstellungen des Verstellhebels ergeben.

Verwendet man aber nach Bild 29 eine auf dem Ungepflügten laufende Abstützrolle oder einen Abstützschlitten, so kann man die Furchentiefe  $t$  mit Hilfe der Schraubenspindel  $V$  unmittelbar einstellen. Es ist hierbei allerdings zu beachten, dass der Pflug mit positivem Schnittwinkel (nach unten ziehend) so eingestellt werden muss, dass das Tastorgan immer mit einem gewissen Mindestdruck gegen den ungepflügten Boden gedrückt wird. Dieser Druck kann aber so hohe Werte annehmen, dass dadurch der Bodendruck der Schlepperhinterräder zu gering wird, sodass ein Rutschen dieser Räder eintritt. Aus diesem Grunde ist eine Weiterentwicklung, z.B. nach Bild 30, zu empfehlen, indem das auf dem ungepflügten Land laufende Tastorgan mittelbar oder unmittel-

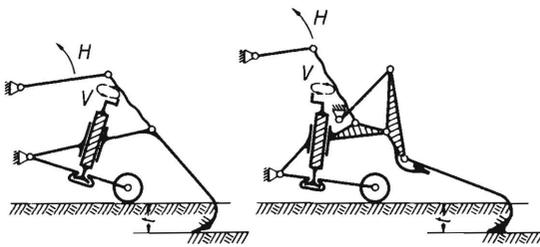


Bild 29 und 30. Tiefeneinstellung des Pfluges durch Abstützung gegen den Boden.

bar mit dem Verstellglied in Verbindung steht. Es wird dadurch möglich, mit Hilfe eines Regelkreises (im Bild 30 nicht eingezeichnet) dem Verstellglied laufende Impulse in Abhängigkeit von den Abweichungen von der Solltiefe zu geben, wodurch diese Tiefe sich automatisch einstellt. Mit Hilfe eines solchen Regelgetriebes könnte der Vertikaldruck auf den Pflug, der sich als Pflugsohlenverdichtung und erhöhter Zugkraftbedarf infolge der Pflugsohlenreibung äussert, vermieden werden.

#### 4. Federausgleich

Da bei den meisten Werkzeugen das gleiche Gewicht um dieselbe Höhe zu heben und zu senken ist, braucht eigentlich keine Hubarbeit geleistet zu werden, sondern es wäre im günstigsten Falle nur die Reibung in den Lagern zu überwinden und unter Umständen eine von der Hubgeschwindigkeit abhängige Beschleunigungsarbeit aufzubringen. Denn es besteht die Möglichkeit, beim Senken des Gerätes die freiwerdende kinetische Energie durch das Spannen einer Feder zu speichern, um diese gespeicherte Federkraft beim Heben wieder zur Verfügung zu haben. Als besonderes Problem wurde bereits [6] die Forderung der Unwirksamkeit der Feder während des Verstellvorganges herausgestellt, obgleich gerade hier die Feder unter grösster Spannung steht. Der Federausgleich spielt besonders bei Aushebevorrichtungen mit Krafthebern eine entscheidende Rolle, da mit Hilfe dessen der Kraftheber in seinen Abmessungen

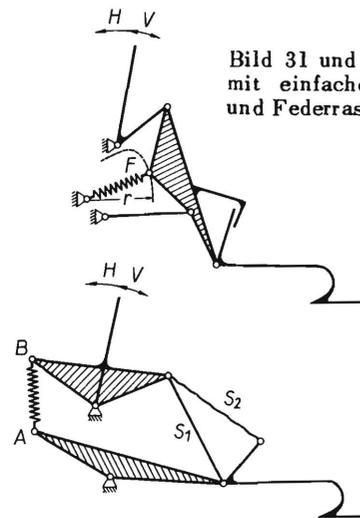


Bild 31 und 32. Federausgleich mit einfacher Federaufhängung und Federrast in Arbeitsstellung.

wesentlich kleiner ausgebildet werden kann. Einige Möglichkeiten der Federaufhängung für die angegebenen Forderungen wurden vom Verfasser bereits beschrieben [6], es sollen hier deshalb nur einige neue Beispiele angeführt werden.

Eine gespannte Feder kann weder eine Arbeit aufnehmen noch abgeben, wenn ihre Länge sich nicht ändert. Wählt man im Bild 31 den Aufhängepunkt  $F$  einer Feder so, dass dieser sich auf einem angenäherten Kreisbogen mit dem Radius  $r$  bewegt, so ist während der Übereinstimmung der Bahn des Punktes  $F$  mit dem Kreisbogen die Feder unwirksam, d.h. die Federspannung wirkt sich weder beim Einstellen der Furchentiefe noch beim Einspielen des Pfluges kraftmässig aus. Verlässt der Punkt  $F$  den kreisbogenförmigen Teil seiner Bahn, so kann die Feder sich zusammenziehen und die in ihr gespeicherte Arbeit für das Heben des Gerätes abgeben.

Eine weitere Möglichkeit für die gleiche Aufgabe zeigt Bild 32, wenn man die Feder zwischen zwei bewegten Punkten  $A$  und  $B$  aufhängt. Legt man die Getriebemasse so fest, dass bei der Verstellbewegung der Abstand zwischen den Punkten  $A$  und  $B$  sich nicht ändert, so wird auch hier eine Federrast-

stellung gewährleistet. Für den eigentlichen Hubbereich muss man dafür sorgen, dass der Abstand zwischen A und B geringer wird. Durch das Zusammenziehen der Feder wird deren gespeicherte Energie zum Heben frei. Bei der Ausführung des Bildes 32 kann das Getriebeglied  $S_1$  als reines Zugglied ausgebildet werden, da die Feder immer für dessen Spannung sorgt. Die Kette  $S_2$  dient zur Ermöglichung des Freiheitsgrades in der Arbeitsstellung des Pfluges.

Um eine bessere Anpassung der Federwirkung während des Hebens zum Zwecke eines guten Ausgleichs zu erreichen, kann man nach Bild 33 die Feder auf einfache Weise mit einem Seil  $S$  verbinden. Bei der Bewegung legt sich das Seil an die Umlenk-

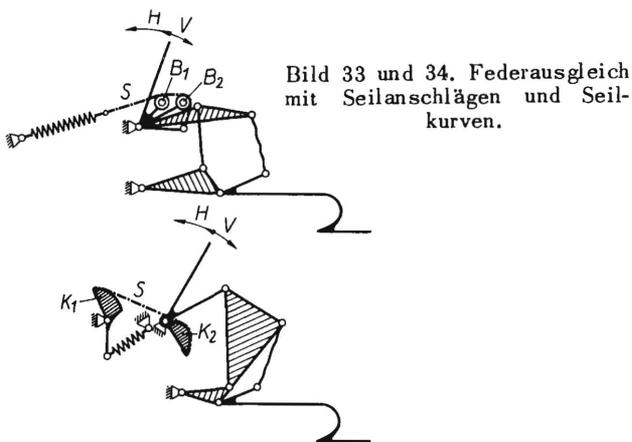


Bild 33 und 34. Federausgleich mit Seilansschlägen und Seilkurven.

bolzen  $B_1$  und  $B_2$  an und verändert damit in gewünschter Weise den wirksamen Hebelarm für die Feder. Die Umlenkbolzen  $B_1$  und  $B_2$  brauchen nicht als drehbare Rollen und auch nicht als bearbeitete Teile ausgebildet zu werden, da das Seil sich auf ihnen ohne Gleiten auflegt.

Einen noch besseren Federausgleich erreicht man durch die Anordnung zweier getrennter Kurvenscheiben  $K_1$  und  $K_2$  (Bild 34) oder ähnlicher Umlenkungen, zwischen denen ein Seil gespannt ist, das sich wechselseitig auf beide Kurvenbahnen auflegt. Die Ausgleichfeder sorgt für eine dauernde Spannung des Seiles. Durch die Formgebung der beiden Kurven, die wiederum unbearbeitet bleiben können, kann man sich auch schwierigen in der Praxis vorkommenden Verhältnissen anpassen.

Es ist verschiedentlich versucht worden, die Schwierigkeiten bei der Konstruktion eines Federausgleiches zu umgehen und andererseits den verhältnismässig teuren Kraftheber einzusparen, indem man eine sogenannte Speicherfeder vorgesehen hat. Es handelt sich hierbei darum, eine genügend starke Feder während einer verhältnismässig langen Zeitdauer zu spannen. Der normale Kraftheber muss während des Aushebevorganges die gesamte Arbeit in sehr kurzer Zeit aufbringen, während für das Spannen der erwähnten Speicherfeder eine genügend lange Zeit, in der der Pflug arbeitet, vorgesehen werden kann. Durch mehrmaliges „Pumpen“ von Hand oder mit Hilfe eines kleinen Krafthebers kann mit geringen Kräften, aber mit grosser Übersetzung, die Speicher-

feder gespannt und zum Zwecke des Aushebens kurzzeitig entlastet werden.

Die Schwierigkeiten bei der Konstruktion von Aushebevorrichtungen, besonders mit Federausgleich, werden grösser, wenn für mehrere auswechselbare Geräte das gleiche Getriebe verwendet werden soll. Da diese Geräte meist verschiedene Gewichte und verschiedene Lage des Schwerpunktes haben und ausserdem in kurzer Zeit ausgewechselt werden müssen, ist dafür zu sorgen, dass bereits beim Umbau die Federvorspannung in entsprechender Weise möglichst selbsttätig verändert wird.

Ein wirksames Mittel zur Erfüllung dieser Forderungen können Seilansschläge nach Bild 33 und Seilkurven nach Bild 34 sein. Es ist aber besonders darauf zu achten, dass die beschriebene Federrast vor allem während des Umbaus von einem Gerät zum anderen zustandekommt und dass sich bei abgebautem Gerät die Feder auf keinen Fall durch falsche Bedienung entspannen darf.

## 5. Schwerpunktsbewegung der Aushebevorrichtung

Wenn es gelingt, bei einer Aushebevorrichtung des Gesamtschwerpunkt sämtlicher Getriebeteile während des Hubvorganges stillstehen zu lassen, so braucht in diesem Falle keine Hubarbeit aufgebracht zu werden. Es genügt aber zur Vermeidung von Hubarbeit auch die Bewegung des Gesamtschwerpunktes auf einer horizontalen Geraden. Ähnliche Aufgaben sind bereits bei der Konstruktion von Wippkranen und von Anhängefahrzeugen mit Kippvorrichtung gelöst worden.

Bei der Übertragung dieser Forderung auf die Aushebevorrichtungen wird es sich zunächst darum handeln, den Gesamtschwerpunkt möglichst hoch zu legen und das Gesamtgetriebe so auszubilden, dass die Bahn des Schwerpunktes mit der erwähnten horizontalen Geraden angenähert zusammenfällt.

## 6. Arbeitsphysiologische Forderungen

Bei Aushebevorrichtungen mit Handhebelbedienung muss man die Bewegung des Handhebels und die an ihm aufzuwendenden Kräfte der Arbeitsfähigkeit des menschlichen Körpers anpassen. Es ist fraglich, ob bei der Kreisbewegung, für die die meisten Handhebel eingerichtet sind, die Körperkraft des Menschen am besten zur Wirkung kommt. Es sind hierzu Studien über die mögliche Kraftentfaltung bei den jeweiligen Arm- bzw. Beinstellungen des Menschen notwendig. Wenn man nach solchen statistischen Untersuchungen die günstigste Bahn des Handhebels bei optimalem Verlauf kennen würde, könnte man die Aushebevorrichtung der Leistungsfähigkeit des menschlichen Körpers weitgehend anpassen.

Bild 35 zeigt die Führung eines Handhebels als Teil eines allgemeinen bewegten Getriebegliedes (Koppelglied). Dem Handgriff dieses Hebels kann man eine von der Kreisform stark abweichende Bewegung vorschreiben.

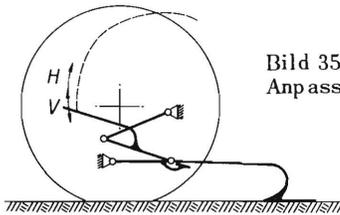


Bild 35. Handhebelbewegung mit Anpassung an Körperhaltung.

## 7. Einfache Getriebeformen mit Zuggliedern

Um alle angeführten Forderungen zu erfüllen, müssen die Getriebe für die Aushebevorrichtung eine bestimmte Anzahl von Gliedern und Gelenken haben. Es ist aus diesem Grund erwünscht, diese Glieder so auszuwählen, dass ihre Herstellung und ihre Verbindung miteinander möglichst einfach sind. In diesem Sinne zeigen sich die bereits verschiedentlich angeführten reinen Zugglieder als besonders vorteilhaft.

Da ein Kraftschluss durch das nach unten wirkende Gerätegewicht bzw. durch den nach oben wirkenden Federzug oder Kraftheber gegeben ist, kann man ohne Bedenken alle diejenigen Getriebeglieder, die nur auf Zug beansprucht werden, als Zugglieder (Kette und Seil) ausbilden. Man kann darüber hinaus die Forderung stellen, ein Getriebe so zu entwerfen, dass möglichst viele Getriebeglieder auftreten, die nur auf Zug beansprucht werden, um so zu einem billigen Aufbau zu kommen.

Mit Hilfe eines um eine Rolle geschlungenen Seiles kann man einige andere Getriebeglieder im allgemeinen gleichwertig ersetzen. In Bild 36 hat der Pflug eine Rolle, um welche ein um zwei feste Punkte befestigtes Seil geschlungen ist. Durch das Lockern

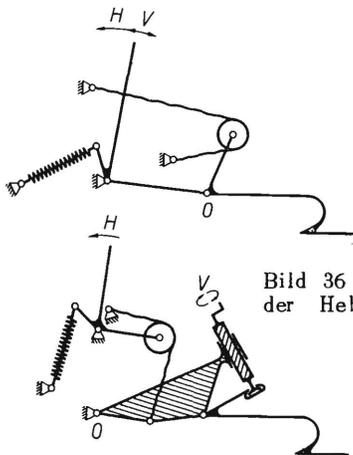


Bild 36 und 37. Vereinfachung der Hebegetriebe durch Zugglieder.

des Seiles im Arbeitsbereich ist der Pflug in 0 frei beweglich. Durch Wahl des Seilrollendurchmessers und der Lage der Seilbefestigungspunkte kann das Heben des Gerätes nach den besprochenen Forderungen vorgenommen werden.

In Bild 37 ist ein Seil an einem festen und an einem beweglichen Punkt befestigt und um eine Rolle im Handhebel H geschlungen, wodurch die gleichen Bedingungen wie oben erfüllt werden.

Zu den Bildern 36 und 37 ist zu erwähnen, dass das Seil auf der Rolle nicht gleitet, sondern sich abwälzt, sodass an die Güte der Auflageflächen keine besonderen Ansprüche gestellt zu werden brauchen. Es muss nur darauf geachtet werden, dass der Seilrollendurchmesser ein gewisses Kleinstmass, das von der kleinstmöglichen Seilkrümmung abhängig ist, nicht unterschreitet. Auch die gezeigten Getriebe mit Zuggliedern sind nur eine Auswahl von einer grossen Zahl von Möglichkeiten.

## 8. Sicherheitsvorrichtungen bei Überlastungen

Die Aushebevorrichtungen sollen grundsätzlich auch Sicherheitsvorrichtungen enthalten, die das Arbeitsgerät bei Störungen vor Beschädigungen schützen sollen. Im einfachen Falle können Scherstifte an bestimmten Sollbruchstellen angebracht werden. Dabei ist aber jedesmal ein verhältnismässig grosser Arbeitsaufwand notwendig, wenn der zerstörte Stift herausgeschlagen und durch einen neuen ersetzt werden muss.

Günstiger sind automatisch wirkende Sicherheitsvorrichtungen, die bei Überlastungen das Arbeitsgerät aus der Arbeitsstellung bringen. In den meisten Fällen muss dann der Schlepper zurückgefahren und das Gerät von Hand wieder in Arbeitsstellung gebracht werden. Anzustreben ist eine vollautomatisch wirkende Sicherheitsvorrichtung, infolge der das Gerät bei Überlastung ausweicht und danach wieder selbsttätig in Arbeitsstellung gebracht wird.

## 9. Einfluss der Nickschwankungen des Schleppers

Wenn der Schlepper über kurze Unebenheiten fährt, soll der Pflug unbeeinflusst hiervon seine Tiefe behalten; d.h. wenn die Vorderräder über eine Bodenhebung fahren und der Schlepper um den Auflagepunkt der Hinterräder geschwenkt wird, ist an die Aushebevorrichtung die zusätzliche Forderung zu stellen, dass diese Nickschwankungen des Schleppers sich nicht auf die Führung des Pfluges auswirken.

Bei Drehung der Schlepperebene um den Radauflagepunkt T (Bild 38) verdreht sich aber im allgemeinen die Pflugsohle gegenüber der Horizontalen, was eine Veränderung des Tiefganges des Pfluges zur Folge hat. Wird aber durch entsprechende Ausbildung des Getriebes dafür gesorgt, dass die Drehbewegung des Schleppers um den Punkt T in eine Verschiebung der Sohle in sich umgewandelt wird, so wird sich auch der Tiefgang des Pfluges nicht ändern können. Bewegt sich dabei der ideale Führungspunkt 0 auf der Wirkungslinie XX des resultierenden Pflugwiderstandes, so ändert sich der Sohlendruck nicht.

Fährt auch das Hinterrad des Schleppers über ein Hindernis, so ist zu beachten, dass der Pflug in der vertikalen Ebene eine Schleppkurve beschreibt, die in Abhängigkeit von den Getriebeabmessungen mehr oder weniger schnell in die neue vorgegebene Spur

einläuft. Bei längeren Bodenerhebungen oder -senkungen, wenn also Vorder- und Hinterrad des Schleppers für längere Zeit auf einer anderen Bahn laufen, soll der Pflug ebenfalls seine Bahn entsprechend ändern. Auch in diesem Falle spielen die Eigenarten der Schleppkurven ihre besondere Rolle, und es ist von Fall zu Fall die Eigenart des entsprechenden Hebegetriebes in dieser Richtung zu untersuchen.

Das Getriebe des Bildes 38 muss also für drei Freiheitsgrade entworfen werden, nämlich für das Heben mit Hilfe des Handhebels H, für die Tiefenverstellung durch den Verstellhebel V und für die Beibehaltung der Tiefenlage bei den Nickschwankungen des Schleppers.

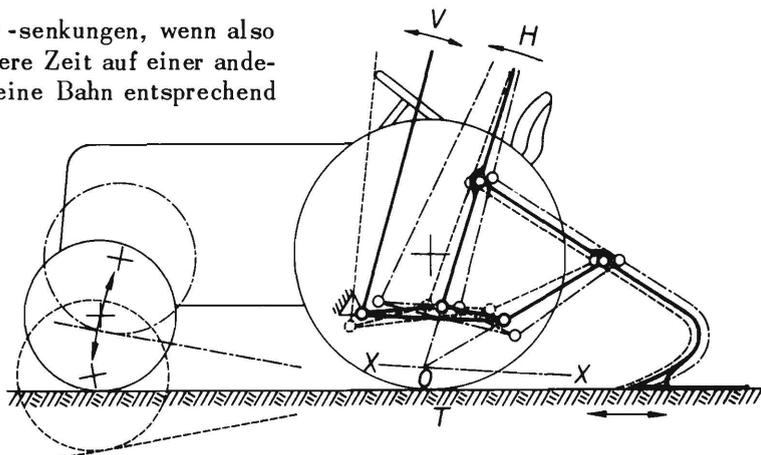


Bild 38. Beibehaltung der Tiefenlage des Pfluges bei Nickschwankungen des Schleppers.

## 10. Berücksichtigung der Schleppkurven

Bei der Anhängung der auf den Schlepper aufgesattelten Geräte müssen auch die Schleppkurven berücksichtigt werden, die in der horizontalen Ebene entstehen [7]. Es haben sich hierfür Vorteile der mehrgelenkigen Aufhängung der Geräte gegenüber einer Ankupplung an nur einem Punkt ergeben. Durch die Wahl des körperlich nicht auszuführenden ideellen Drehpunktes, der beispielsweise vor dem Schlepper liegen kann, können die Schleppkurven den praktischen Anforderungen gut angepasst werden.

Hierbei sind grundsätzlich zwei verschiedene Aufgabestellungen zu unterscheiden: Soll das Gerät der Spur des ziehenden Fahrzeuges folgen oder wird ein sofortiges Nachfolgen des Gerätes nicht verlangt. Bei Steuerung des Gerätes durch einen zweiten Bedienungsmann sind diese Gesichtspunkte von untergeordneter Bedeutung.

Eine besondere Rolle spielt die Schleppkurve beim Arbeiten am Hang, wobei die Form der Schleppkurve durch eine zusätzliche, hangabwärts gerichtete Kraft beeinflusst wird.

## 11. Zusammenfassung

Die aufgestellten Forderungen für Aushebevorrichtungen sind im allgemeinen nicht ohne weiteres von einem einfachen Getriebe erfüllbar. Es ist deshalb wichtig, eine genügend grosse Auswahl zur Verfügung zu haben, um jeweils bei Versagen der einen Getriebeart auf mehrere andere übergehen zu können.

Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die grössten Schwierigkeiten beim Entwurf derartiger Getriebe erst bei der Massgebung dieser Getriebe auftreten, wenn es sich darum handelt, sich auch den vorhandenen Platzverhältnissen anzupassen.

## Schrifttum

- [1] A. Seifert: Kraftheber für den Ackerschlepper. a.a.O. dieses Heftes.
- [2] K. Hain: Periodische Winkelgeschwindigkeits- und Drehmomentwandler. Z. VDI 93 (1951) S. 239/244.
- [3] H. Skalweit: Kräfte zwischen Schlepper und Arbeitsgerät. a.a.O. dieses Heftes.
- [4] K. Hain: Zur Kinematik der Schlepperanbaugeräte. Landtechnik 5 (1950) S. 292/94.
- [5] G. Getzlaff: Messung der Kraftkomponenten an einem Pflugkörper. a.a.O. dieses Heftes.
- [6] K. Hain: Zum Federausgleich der Schlepperanbaugeräte. Landtechnik 6 (1951) S. 6/9.
- [7] K. Hain: Die zeichnerische Bestimmung der Schleppkurven. Ing. Archiv 18 (1950) S. 302/309.
- [8] K. Marks: Regelung der Arbeitstiefe durch Kraftheber. Landtechnik 5 (1950) S. 696/698.
- [9] H. Skalweit: Der Einfluss der landwirtschaftlichen Arbeitsgeräte auf die Gestaltung der Schlepper. Z. VDI 92 (1950) S. 964/971.

Institut für Landtechnische Grundlagenforschung  
der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode  
Direktor: Prof. Dr. Ing. W. Kloth

Anschrift des Verfassers: Ing. Kurt Hain, (20b) Braunschweig, Forschungsanstalt für Landwirtschaft