

Seit Einführung der Anbaugeräte ist das Bemühen aller Beteiligten darauf gerichtet, ein geeignetes System für die Verbindung von Traktor und Gerät zu finden. Bei allen bisher eingeführten Systemen der Tiefenregelung von Anbaugeräten war man gezwungen, bestimmte Kompromisse einzugehen. Der Verfasser hat nun das „Schneider-System“ entwickelt und ist der Meinung, damit eine neue Prinziplösung für Traktoren-Reglersysteme geschaffen zu haben, die es als einzige z. Z. im Weltmaßstab existierende gestattet, unabhängig von den Nickbewegungen des Traktors und den wechselnden Bodenwiderständen vollautomatisch eine konstant eingestellte Arbeitstiefe einzuhalten. Bevor das Schneider-System näher beschrieben wird, soll kurz auf die grundsätzlichen Forderungen an eine Tiefenregelung, die wesentlichen Merkmale der bekannten Reglersysteme und ihre Nachteile eingegangen werden.

## 1. Allgemeine Probleme und Forderungen an ein Regelungssystem

Zwei grundsätzliche Probleme sind beim Entwurf eines Regelungssystems zu berücksichtigen und zu lösen:

1.1. Übertragen der Nickbewegungen vom Traktor auf das Arbeitsgerät hat ungleichförmige Arbeitstiefe zur Folge und ist deshalb möglichst vollkommen auszuschalten;

1.2. Tiefenänderungen, von wechselndem Bodenwiderstand hervorgerufen, sind auszugleichen [1].

Weitere Forderungen an ein Regelungssystem sind:

1.3. größtmögliche Zusatzlast der Triebachse und somit höchste Zugkraft, oder bei gleicher Zugkraft geringsten Schlupf;

1.4. Schutz der Arbeitsgeräte gegen Stöße oder plötzliche Überlastungen;

1.5. möglichst alle Arbeitsgeräte sollen vom Traktor vollkommen getragen werden und sich nicht am Boden abstützen, damit 1.3 maximal erfüllbar ist. (Dadurch entfällt bei Pflügen die Schleifsohle. gleichzeitig verringert sich dabei die Zugkraft um mehr als 15%. Außerdem wird die Pflugsohlenverdichtung vermieden, der Pflug dringt rascher in den Boden ein.)

1.6. größte Einfachheit der Arbeitsgeräte;

1.7. größte Funktionssicherheit (alle Regelungselemente müssen im Traktor eingebaut und staubdicht abgeschlossen sein, um dadurch Störanfälligkeit und Wartung zu verringern.)

1.8. niedrigster Herstellungspreis von Traktor und Arbeitsgeräten;

1.9. geringster Leistungsverlust und minimale Ölerwärmung an der Hydraulikeinrichtung, d. h. Vermeidung von Drosselstellen;

1.10. einfache Bedienung;

1.11. geringste Wartungs- und Verlustzeiten;

1.12. Verringerung der Verstopfungsgefahr der Arbeitsgeräte bei unsauberem oder pflanzenbewachsenem Acker, was z. B. bei der Arbeit mit Tasträdern nicht erreicht wird;

1.13. Eignung für hohe Arbeitsgeschwindigkeiten;

1.14. bei Arbeiten mit Geräten, z. B. einem Heckmähbalken, muß eine Schwimmstellung möglich sein.

In nicht ferner Zukunft wird auch folgende Forderung im Vordergrund stehen:

1.15. Eignung für automatisch gesteuerte Traktoren.

## 2. Die Positionsregelung

ermöglicht es, bei Arbeiten auf ebenem Gelände gleiche Arbeitstiefe zu halten. Dieses System (Bild 1) erlaubt keine automatische Änderung der relativen Lage vom Gerät zum Traktor. Jede Stellung des Handhebels entspricht einer ganz bestimmten relativen Lage des Geräts, auf die es stets automatisch zurückregelt. Der größte Nachteil dieses

Systems ist, daß die Nickbewegungen des Traktors vollkommen auf das Gerät übertragen werden, die Arbeitstiefe schwankt stark und oft geht das Gerät aus dem Boden heraus (Bild 1a und b).

Konstante Tiefe wird nur dann erreicht, wenn die Bodenoberfläche sehr glatt ist (Bild 1c), was jedoch nur selten zutrifft. Durch eine entsprechende Drosselstelle kann hier die Hub- und Senkgeschwindigkeit eingestellt und einer spezifischen Arbeit oder der Masse der Arbeitsgeräte beim Senkvorgang entsprechend angepaßt werden.

Das System entspricht im höchsten Maß den Forderungen 1.3 und 1.5 bis 1.12 und 1.14; die Forderungen 1.4, 1.13 und 1.15 werden nicht erfüllt. Ihrem Wesen nach ist die Positionsregelung ein I-Regler [2].

## 3. Zugregelung (Ferguson-System)

Hierbei ändert sich die Arbeitstiefe des Gerätes ständig, so daß stets die gleiche Zugkraft vorhanden ist (Bild 2). Dadurch verändert sich die Arbeitstiefe umgekehrt proportional mit dem Bodenwiderstand; wenn sich z. B. der Bodenwiderstand verdoppelt, ist die Arbeitstiefe nur noch etwa halb so groß.

Die Arbeitstiefe muß manuell nachgestellt werden, d. h. bei einem neuen Bodentyp ist die der gewünschten konstanten Arbeitstiefe entsprechende Zugkraft neu einzustellen.

Dieses System korrigiert automatisch sehr gut den Einfluß der Nickbewegungen vom Traktor auf das Arbeitsgerät (Bild 2a und b). Auch erfüllt es in seiner einfachsten Ausführung die Punkte 1.3 bis 1.12 und 1.14, wird aber 1.13 und 1.15 nicht gerecht. Seinem Wesen nach ist es auch ein I-Regler [3].

### 3.1. Zugregelung mit Reaktionsgeschwindigkeitseinstellung

Mit Hilfe einer Drosselstelle, die einstellbar und in einer oder in beiden Richtungen (Heben und Senken) wirkt und selbst am Hauptschieber angebracht werden kann, wird die Hub- und Senkgeschwindigkeit, d. h. die Reaktionsgeschwindigkeit, nach Wunsch eingestellt. Nach Angaben der Verkaufspropaganda ist der Hauptzweck dieser Drosselung, einer raschen Tiefenschwankung bei wechselndem Boden-

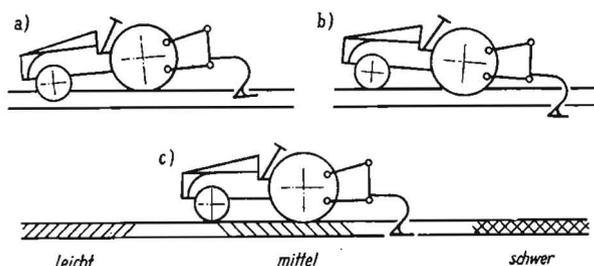
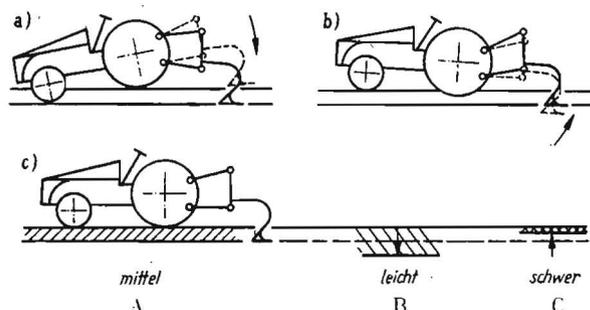


Bild 1. Positionsregelung (Erläuterung im Text)

Bild 2. Zugregelung (Erläuterung im Text)



widerstand entgegenzuwirken. Damit wird jedoch nichts gewonnen, da

- schon allein der Übergang von einer Bodenart zur anderen in längeren Strecken (10 bis 30 m) geschieht,
- nach einer Bodenänderung, die wiederum einige Meter beträgt, folgt nicht gleich eine dritte Bodenart, die gleich der ersten ist.

Die Handregelung bleibt trotzdem genau so wie in der einfachen Ausführung erhalten, da ja die von Hand eingestellte Zugkraft nicht geändert wird. Deshalb ist die Tiefenschwankung nach kürzesten Strecken genau so groß wie bei der Zugregelung ohne Reaktionsgeschwindigkeitseinstellung. Die I-Regelung wird dabei nur langsamer.

Die Drosselung wirkt sich außerdem sehr nachteilig auf die Korrektur der Nickbewegungen aus, da wegen der langsamen Verstellgeschwindigkeit die Verbindung Traktor — Gerät viel starrer wird. Dadurch können die Nickbewegungen des Traktors nicht mehr ausgeglichen werden, so daß sich das Gerät oft aus dem Boden hebt.

#### 4. Mischregelung

Hierbei werden Positionsregelung und Zugregelung miteinander nach Wunsch gemischt (Bild 3).

Die Positionsregelung wird über den Hubhebel 23, den Nocken 15 und die Stange 56 auf die Waage 58 am Punkt 60 eingeführt.

Die Zugregelung wird über die Stange 25, die in diesen Fall mit der entsprechenden Meßfeder 51 für die Druckkraft am oberen Lenker verbunden ist, auf die Waage 58 am Punkt 59 bewirkt.

Positionsregelung und Zugregelung wirken sich entgegen, so daß je nach Anteil der Mischung die eine oder andere überwiegt. Dieser Anteil wird von der veränderlichen Stellung der Kulisse 62 in der Waage 58 bestimmt.

Die Mischregelung erfüllt im höchsten Grade alle Forderungen 1.3 bis 1.15 (1.13 nur teilweise); 1.16 aber nicht.

Für die entscheidenden Probleme 1.1 und 1.2 ist sie allerdings nur ein Kompromiß (Bild 4).

Aus räumlichen Gründen ist es nicht möglich, hier näher auf die Mischregelung einzugehen, es seien nur einige der charakteristischen Eigenschaften der Mischregelung genannt:

- Beide (Positions- und Zugregelung) sind voneinander abhängig und wirken mit gleicher Geschwindigkeit und zur gleichen Zeit. Sie behindern sich gegenseitig, so daß b) erforderlich wird.
- Proportionale einstellbare Mischung der Positions- und Zugregelung; deshalb nur Kompromißlösung für 1.1 und 1.2.
- Der Anteil der Positionsregelung ist nur der relativen Lage (Position) zwischen Gerät und Traktor proportional. Sie ist nicht den Bodenverhältnissen angepaßt und gleicht nicht die verursachten Tiefenänderungen aus.
- Die Wirkung der Zugregelung (und damit auch der Nickbewegungsausgleich) wird durch die Wirkung der Positionsregelung bei kleinen Unebenheiten teilweise und bei großen Unebenheiten ganz aufgehoben.
- Der Anteil der Zugregelungsverstellung am Steuerventil wird beim Ausgleich kleinerer Nickbewegungen, entsprechend der Mischung, von dem verkürzten Hebelarm reduziert.

Mit e) verringert sich die Empfindlichkeit (d. h. Vergrößerung der Anspruchsgrenzen und Abnahme der Korrektorgeschwindigkeit) der Zugregelung, was eine zweite Ursache für die Verschlechterung der Nickbewegungskorrektur ist. Dieser Fall tritt auf, solange die Zugkraftänderung das Steuerventil nicht ganz öffnet hat.

Die negativen Eigenschaften der Mischregelung kommen deshalb zustande, weil bei dem Mischungsprinzip die I-Regler-Eigenschaften der Positions- und der Zugregelung verloren gehen und beide wie P-Regler funktionieren.

#### 5. Schneider-System

Bei dieser Erfindung wurde als Aufgabe gestellt, alle Vorteile der Zugregelung oder irgend einer anderen Regelung, die die Nickbewegungen korrigiert (z. B. Antisclupsysteme und Anbauschwingpflüge usw.), mit denen der Positionsregelung zu vereinen und ein System zu schaffen, das in sich nicht mehr widersprüchlich ist.

##### 5.1. Schneider-System in Verbindung mit einer Zugregelung

Der erste zu lösende Widerspruch liegt darin, daß die besprochene Zugregelung nicht zu unterscheiden vermag, wann eine Veränderung der Zugkraft  $M$  einer Nickbewegung oder wechselndem Bodenwiderstand zuzuschreiben ist.

Im ersten Fall (Bild 2a und b) muß die relative Lage zwischen Gerät und Traktor geändert werden, damit die Nickbewegung ausgeglichen werden kann. Im zweiten Fall (Bild 2c, A und B) soll aber die relative Lage zwischen Gerät und Traktor nicht geändert werden, damit die Arbeitstiefe auch bei wechselndem Bodenwiderstand konstant bleibt. Die dazu bei der reinen Zugregelung notwendige Verstellung von Hand soll jetzt automatisch geschehen. Hier entsteht aber gleich der zweite Widerspruch: erfolgt nämlich die genannte Nachstellung mit einer normalen Geschwindigkeit, d. h. mit der Geschwindigkeit, mit der man normalerweise das Gerät hebt, dann werden die Nickbewegungen nicht mehr ausgeglichen. Diese beiden Widersprüche wurden bis jetzt von keinem Regelungssystem gelöst.

In meiner früheren Tätigkeit als Traktorist in Übersee merkte ich, daß die Bodenunebenheiten, die ja die Nickbewegungen des Traktors verursachen, relativ kurz sind (schätzungsweise 0,5 m bis 2 m), während der Bodenwiderstand über längere Strecken wechselt (schätzungsweise in Längen von 10 bis 30 m).

Diese Beobachtungen erlauben es, den zweiten Widerspruch zu lösen, indem man die Nachstellung z. B. der Zugregelung

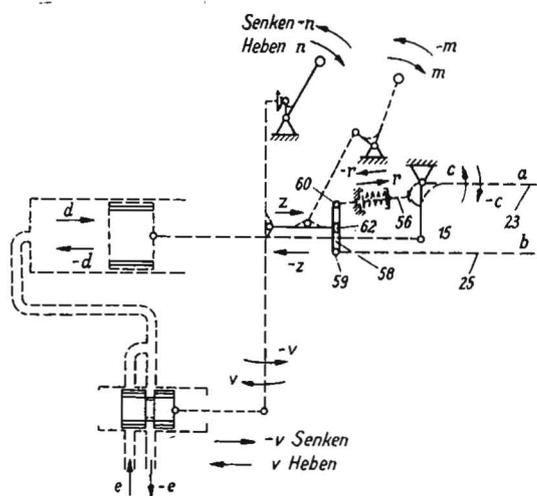
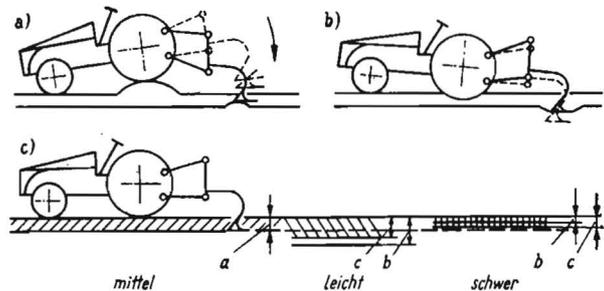


Bild 3. Mischregelung (Erläuterung im Text); a zur Positionsregelung, b zur Zugregelung, siehe Bild 5

Bild 4. Mischregelung. Zu c): a Solltiefe, b reine Zugregelung c Mischregelung



jetzt relativ langsam und automatisch mit einem besonderen Regelmechanismus vornimmt, der jedesmal einsetzt, wenn sich die relative Lage zwischen Gerät und Traktor geändert hat und nicht mehr der gewünschten Arbeitstiefe entspricht. Gleichzeitig wird dann auch der erste Widerspruch gelöst, indem der Einfluß auf die Arbeitstiefe von der Zugregelung (langsame Änderung der Kraft  $M$ ) bei wechselndem Bodenwiderstand durch die langsame Positionskorrektur aufgehoben wird, so daß diese nur die Nickbewegungen vom Traktor (schnelle Änderung der Kraft  $M$ ) auszugleichen hat. Die Zugregelung braucht jetzt also nicht mehr zu trennen, d. h. zu unterscheiden, welche der beiden möglichen Ursachen die augenblicklich eingestellte Zugkraft  $M$  verändert hat. Sie kommt gar nicht dazu (bei richtiger Auslegung der langsamen Positionskorrektur) eine Tiefenänderung bei wechselndem Bodenwiderstand zuzulassen, denn sie wird sofort nachgestellt. Die Zugkontrolle wirkt dann so, als wäre der Boden stets homogen. Die Nickbewegungen würden also wie in Bild 2, a und b, ausgeglichen werden, während die Arbeitstiefe bei wechselndem Bodenwiderstand wie in Bild 1, c konstant bleibt.

Das ist der Kerngedanke der Erfindung. Es ist von sekundärer Bedeutung, wie diese Nachstellung der Zugregelung (oder der anderen möglichen Systeme) erfolgt, die mit hydraulischen, mechanischen, elektrischen, magnetischen oder pneumatischen Mitteln erreicht werden kann. Auch kommt es nicht darauf an, welche speziellen Mechanismen verwendet werden, z. B. interessiert es bei der hydraulischen Auslegung nicht, ob der Hydromotor einseitig oder doppelwirkend, geradlinig bewegt (Zylinderkolben) oder rotierend ausgelegt ist, ob man zwei oder eine Speisepumpe verwendet, ob man das Öl vom Hubzylinder mit oder ohne Gegendruck in den Ölbehälter zurückfließen läßt oder ob Dreh-, Längsschieber oder Drosseln verwendet werden usw. Einzig und allein wichtig ist, daß die Nachstellung des Sollwerts der Zugregelung als Beispiel relativ langsam erfolgt und zwar so langsam, daß die Nickbewegungskorrektur mit Hilfe der Zugregelung praktisch nicht gestört wird. Andererseits soll aber die Verstellung schnell genug sein, um den Einfluß (Tiefenänderung), der durch wechselnden Bodenwiderstand entsteht, so zu korrigieren, daß die Arbeitstiefe konstant bleibt.

Um Irrtümer zu vermeiden, sei nochmals darauf hingewiesen, daß die Zugkraftregelung in ihrem Wesen absolut nicht beeinflußt wird, sondern nur eine Änderung der eingestellten Zugkraft stattfindet. Sie regelt stets bis auf ihren augenblicklich eingestellten Endwert zurück. Ihre Empfindlichkeit,

Geschwindigkeit und sonstige vorteilhafte Eigenschaften werden nicht im geringsten geändert.

Das neue System (Bild 5) löst vollkommen und gleichzeitig das Problem 1.1 (wie in Bild 2a und b) und 1.2 (wie in Bild 1c) und entspricht optimal jeder einzelnen der Forderungen 1.3 bis 1.15. Die wichtigste Forderung 1.4 wird dabei ohne Wirkungsminderung von der Zugregelung übernommen. Zu 1.5 ist zu bemerken, daß das Schneider-System keine Stütz- oder Tasträder, Achsen usw. benötigt. Die Forderung 1.14 wird erfüllt, indem z. B. durch Drehung des Steuerventils der Positionsregelung dieser Regelungskreis ausgeschaltet wird, nachdem die Zugregelung ihren maximalen Wert erreicht hat.

Wenn das Gerät im Boden arbeitet, ist die langsame Korrektur (Nachstellung) erwünscht, jedoch muß die Verstellung (Heben und Senken) am Ende des Schlages (Acker) schnell geschehen, damit die Arbeitsqualität an den Schlagenden nicht verringert wird und kein Zeitverlust eintritt.

## 5.2. Funktionsbeschreibung

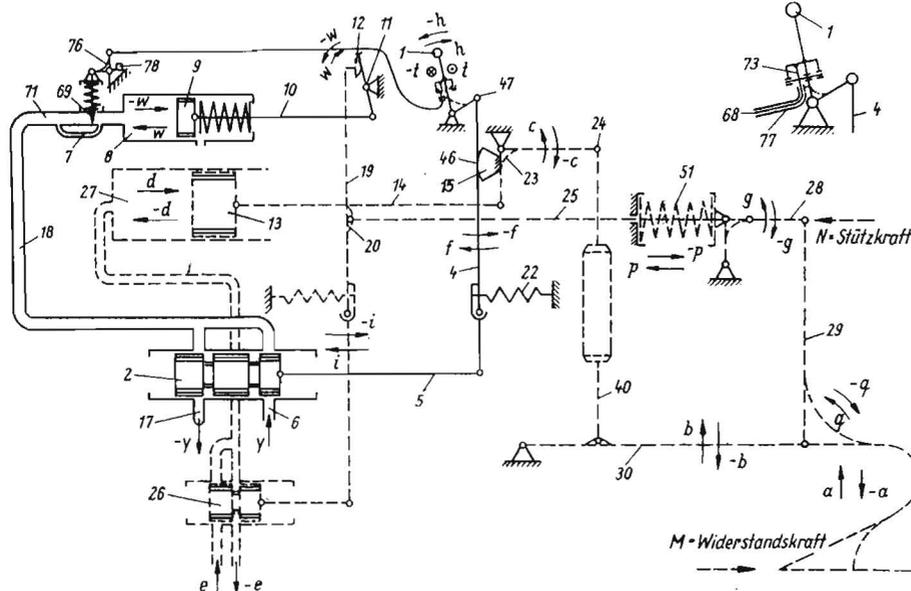
Bei dem hier dargestellten Schema (Bild 5) handelt es sich nur um eine in ihren Funktionsteilen auseinandergenommene Prinzipskizze, die die Funktionsklärung erleichtern soll.

### 5.2.1. Einsenken des Gerätes (z. B. Pflug)

Der einzige notwendige Handhebel  $I$  wird in Richtung  $-h$  bis  $h_0$  bewegt und zur gleichen Zeit wird dieser auch seitlich (von hinten gesehen nach rechts) in Richtung  $-t$  betätigt, bis Hebel  $76$  am Anschlag  $78$  anliegt. Hat sich  $I$  bis  $h_0$  gedreht, so dreht sich Hebel  $4$  um Punkt  $46$  ( $-f$ )<sup>1</sup>, der Steuerschieber  $2$  bewegt sich in dieser Richtung mit, das Öl fließt in Richtung  $(+y)$  in den Regelzylinder  $8$  ein und bewegt den Kolben  $9$  ( $-w$ ).

(Da durch die  $(-t)$ -Bewegung des Hebels  $I$  die Sperre  $69$  geöffnet wurde, sind der große Querschnitt  $71$  wie auch der kleine  $7$  frei und der Kolben  $9$  wird dadurch schnell bewegt). Über dem Pleuel  $10$  wird der Hebel  $12$  (jetzt nicht mehr als Handhebel ausgelegt, wie bei der reinen Zugkontrolle) in Richtung  $(-w)$  bewegt, Hebel  $19$  dreht sich um Punkt  $20$  ( $-i$ ). Der Steuerschieber  $26$  verschiebt sich ebenfalls ( $-i$ ), das Öl fließt aus dem Zylinder  $13$  aus ( $-e$ ),  $13$  bewegt sich nach ( $-d$ ), der Hubhebel  $23$  mit dem Nocken  $15$  nach ( $-c$ ), die unteren Lenker  $30$  nach ( $-b$ ), das Gerät  $29$  nach ( $-a$ ), der obere Lenker  $28$  nach ( $-g$ ). Dadurch wird also das Arbeitsgerät  $29$  rasch gesenkt.

Da sich der Regelkolben  $9$ , um Übersteuerungen zu vermeiden, stets langsamer als der Hubkolben  $13$  bewegen soll, wird der



Hubhebel  $23$  mit dem Nocken  $15$  immer schnell genug die der Stellung ( $-h_0$ ) (eingestellte Stellung vom Handhebel  $I$  in Richtung  $-h$ ) entsprechende Lage ( $-c_0$ ) erreichen. Die Stellung ( $-c_0$ ) ist diejenige, in der der Nocken  $15$  den Hebel  $4$  soweit um Punkt  $47$  in Richtung  $(+f)$  zurückgedreht hat, bis der Steuerschieber  $2$  wieder die Neutralstellung erreicht und der Kolben  $9$  in seiner erreichten Stellung stehen bleibt. Während  $29$  sich in Richtung ( $-a$ ) bewegt, steigt die Widerstandskraft  $M$  und dadurch auch  $N$ , so daß  $25$  in Richtung  $(+p)$  bewegt wird (die Feder  $51$  drückt sich zusammen). Die Stange  $25$  dreht

<sup>1</sup> Die in Klammern gesetzten Buchstaben geben jeweils die Bewegungsrichtung an

Bild 5. Regelung nach dem Schneider-Prinzip (Erläuterung im Text)

den Hebel 19 um Punkt 12 zurück in Richtung  $+i$ , bis der Steuerschieber 26 den Öläustritt aus dem Zylinder 27 sperrt. Das Gerät 29 hat dadurch seine Arbeitstiefe erreicht. Die Hand kann vom Hebel wieder zurück in Richtung  $(+t)$ , bis der große Kanal 71 mit der Sperre 69 geschlossen wird, es bleibt also nur noch der kleine Kanal 7 offen. Hebel 1 bleibt aber in der Stellung  $(-h_0)$ , die der jetzt erreichten Arbeitstiefe entspricht.

Zusammenfassend fanden folgende Bewegungen beim Senkvorgang statt:  $-h$  bis  $h_0$ ,  $-f$ ,  $+y$ ,  $-w$ ,  $-i$ ,  $-e$ ,  $-d$ ,  $-c$ ,  $-b$ ,  $-g$ ,  $-a$ ;  $+c$ ,  $+f$  bis 2 die Neutralstellung erreicht;  $+p$ ,  $+i$  bis 26 die Neutralstellung erreicht;  $+t$ .

Soll das Gerät 29 wieder gehoben werden, so sind folgende Bewegungen nötig:

$+h$  bis oben,  $-t$ ,  $+f$ ,  $-y$ ,  $+w$ ,  $+i$ ,  $+e$ ,  $+d$ ,  $+c$ ,  $+b$ ,  $+g$ ,  $+a$ ;  $-c$ ,  $-f$  bis 2 die Neutralstellung erreicht;  $-p$ ,  $-i$  bis 26 die Neutralstellung erreicht;  $+t$ .

Bei vollem Aushub ( $M = 0$ ) wird die letzte Bewegung  $-i$  durch Anliegen des Kolbens 13 an den Hebel 19 erreicht.

5.2.2. Verhalten des Regelungssystems, falls  $M < M_0$  wird  
Wenn die Zugkraft  $M$  kleiner als die im Augenblick eingestellte  $M_0$  ist, werden folgende Bewegungen im Regulationssystem eingeleitet:  $-p$ ,  $-i$ ,  $-e$ ,  $-d$ ,  $-c$ ,  $-b$ ,  $-g$ , das Gerät senkt sich  $(-a)$ ,  $M$  steigt,  $+p$ ,  $+i$ , Steuerschieber 26 erreicht Neutralstellung (schließt). Jetzt können zwei Fälle unterschieden werden:

a) Nickbewegung: Die von den Nocken 15 und Hubhebel 23 eingeleitete Aktion auf den Regelkolben 9 bleibt wegen seiner langsamen Geschwindigkeit und dem toten Lauf des Steuerschiebers 2 im Augenblick ohne Einfluß auf die Stellung des Hubkolbens 13, daher verhält sich das gesamte System wie eine reine Zugregelung und die Korrektur ist mit dem Erreichen der Neutralstellung des Steuerschiebers 26 abgeschlossen.

b) Verstellung der Zugkraft von  $M_0$  bis zu  $M$  erfolgt nur bei wechselndem Bodenwiderstand (Bild 1c und 2c). Hubhebel 23 dreht sich beim Senkvorgang  $(-c)$  und es folgen dann bei der jetzt langsamen Positionsregelung folgende Bewegungen:  $+f$ ,  $-y$ ,  $+w$ ,  $+i$ ,  $+e$ ,  $+d$ ,  $+c$ ,  $-f$  bis Steuerschieber 2 wieder die Neutralstellung erreicht hat, dann folgt  $-p$ ,  $-i$  bis der Steuerschieber 26 auch in Neutralstellung kommt.

Die neue, den Bodenverhältnissen entsprechende Zugkraft wurde eingestellt, die relative Position des Arbeitsgerätes um Traktor entspricht wieder der gewünschten (eingestellten) Arbeitstiefe. Der Regelkreis hat sich wieder geschlossen.

5.2.3. Verhalten des Regelungssystems bei  $M < M_0$

Falls die Zugkraft ansteigt ( $M < M_0$ ), sei es durch eine Nickbewegung (Bild 2b) oder weil der Boden schwerer geworden ist (Bild 1c und Bild 2c, schwer), dann sind die Bewegungen umgekehrt:  $+p$ ,  $+i$ ,  $+e$ ,  $+d$ ,  $+c$ ,  $+g$  das Gerät bewegt sich in Richtung  $+a$  „Heben“,  $M$  nimmt ab,  $-p$ ,  $-i$ , der Steuerschieber 26 erreicht die Neutralstellung (schließt).

Auch hier können zwei Fälle unterschieden werden:

a) Nickbewegung

Aus den schon für die Nickbewegung bei  $M < M_0$  genannten Gründen findet auch hier beim Ausgleich eine reine Zugregelung statt, die Korrektur bleibt in der obigen Reihenfolge erhalten. Die Regelung ist abgeschlossen, nachdem der Steuerschieber 26 wieder die Neutralstellung erreicht hat.

b) Verstellung der Zugkraft bei wechselndem Bodenwiderstand von  $M_0$  auf  $M$

Ähnlich wie im vorher behandelten Fall werden durch die Bewegung von  $+c$  eingeleitet:

$-f$ ,  $+y$ ,  $-w$ ,  $-i$ ,  $-e$ ,  $-d$ ,  $-c$ ,  $+f$  bis der Steuerschieber 2 wieder die Neutralstellung erreicht hat, dann folgen  $+p$ ,  $+i$  bis 26 in Neutralstellung ist. Die neue, den Bodenverhältnissen entsprechende Zugkraft wurde eingestellt. Die Arbeitstiefe entspricht der gewünschten, der Regelkreis hat sich wieder geschlossen.

## 6. Zusammenfassung

Zum Abschluß seien noch einmal die charakterisierenden Eigenschaften des Schneider-Systems zusammengefaßt, was hier nur in Verbindung mit der Zugregelung geschieht, da mit dieser die besten Ergebnisse möglich sind.

a) Beim Schneider-System arbeitet z. B. die Zugregelung unabhängig von der Positionsregelung, d. h. sie regelt immer bis auf ihren von der Positionsregelung eingestellten Wert vollkommen aus.

Die Positionsregelung spielt hier nur die Rolle einer Führungsgröße für die Zugregelung. Deshalb arbeitet die Zugregelung mit höchster Empfindlichkeit. Das ist ein entscheidender Vorteil gegenüber der Mischregelung hinsichtlich des Ausgleichs der Nickbewegungen des Traktors.

Man vergleiche hierzu die Punkte a) bis e) unter 4 (Mischregelung).

b) Beim Schneider-System erfolgt keine Mischung von Zugregelung und Positionsregelung, da beide nicht parallel, sondern in Reihe geschaltet sind. Die Zugregelung wird verstellt, aber nicht gemischt.

c) Wegen der langsamen Wirkung der Positionsregelung tritt bei einem Weg von 1,5 bis 2 m (maximale Länge einer Nickbewegung) kein Korrekturfehler im strengen Sinne auf.

d) Die Positionsregelung verstellt langsam, nicht augenblicklich, die Zugregelung bei wechselndem Bodenwiderstand so, daß stets die gewünschte Arbeitstiefe vorhanden ist (I-Regler). Die Positionsregelung paßt sich den Bodenverhältnissen an.

e) Beim Schneider-System sind beide (Zugregelung und Positionsregelung) in Reihe geschaltete I-Regler.

Die schnell arbeitende und untergeordnete Zugkraftregelung neutralisiert als I-Regler die Nickbewegungen des Traktors vollkommen, die langsame auch als I-Regler arbeitende Positionsregelung verstellt — bei konstanter Arbeitstiefe — die augenblicklich eingestellte Zugkraft an der Zugkraftregelung und paßt sie den Bodenverhältnissen an.

Die erfolgreiche Regelungswirkung des Schneider-Systems in Verbindung mit einer Zugkraftregelung beruht also auf folgenden Prinzipien:

a) Verwendung zweier I-Regler. Zugkraftregelung und Positionsregelung

b) Sinnvolle Schaltung beider Regelungen, so daß die Positionsregelung die Führungsgröße für die Zugregelung wird

c) Die Erkenntnis, daß sich Bodenunebenheiten nur auf kurzen Wegstrecken auswirken, der Bodenwiderstand dagegen in längeren Strecken Änderungen unterliegt und damit eine langsame Wirkung der Positionsregelung widerspruchsfrei möglich ist, legte den Grundstein zur Erfindung

Grundsätzlich ist noch festzustellen, daß sich das Schneider-System auch in Verbindung mit Antischlupf, Transferrerr-, Tastrad- und anderen prinzipiell gleichen Systemen anwenden läßt [2] [4]. Darauf kann in diesem Beitrag nicht näher eingegangen werden, weil zunächst die Beschreibung in Verbindung mit der Zugregelung — als günstigste Lösung — am wichtigsten erschien. Bei den anderen Systemen muß man einen Teil der im Prinzip begründeten Nachteile mit in Kauf nehmen, kann aber u. U. auch eine Verbilligung der Regelanlage erreichen.

Es wäre zu begrüßen, wenn unsere zuständigen Institute — denen die Erfindung schon seit einigen Jahren bekannt ist — ihre Meinung zu den hier erörterten Problemen äußern würden und eine breite Diskussion zustande käme.

## Literatur

- [1] Schlepperhydraulik und Furchentiefe. Landtechnik (1961) S. 55 bis 77, 306 bis 310
- [2] SCHILLING: Landmaschinen, Maschinen und Geräte für die Bodenbearbeitung, Band 2, 2. Auflage (1962) S. 137 und 138, 142 und 144
- [3] SEIFERT: Landtechnische Forschung (1958) H. 3, S. 69 bis 77
- [4] SCHILLING: Landmaschinen, Ackerschlepper, Band 1, 2. Auflage (1960) S. 500 bis 502 A 5737