

$s_{r,m_x}$	Variationskoeffizient der Komponentenmassen $m_{xj}$ (%)
$s_{r,w_x}$	Variationskoeffizient der Komponentenanteile $w_{xj}$ (%)
$\Delta s_r$	Differenz der Variationskoeffizienten: $\Delta s_r = s_{r,m_x} - s_{r,m}$ (%)
$w_i$	Anteil der i-ten Korngrößenklasse an der Gemischmasse $m$ (g/g)
$w_{ij}$	Anteil der i-ten Korngrößenklasse an der Probenmasse $m_j$ (g/g)
$w_{ix}$	Anteil der i-ten Korngrößenklasse an der Komponentenmasse $m_x$ (g/g)
$w_x$	Anteil der Komponente $x$ an der Masse $m$ (g/g)
$w_{xi}$	Anteil der Komponente $x$ an der Masse $m_i$ (g/g)
$w_{xj}$	Anteil der Komponente $x$ an der Masse $m_j$ (g/g)
$\bar{w}_{xj}$	Arithmetisches Mittel der Komponentenanteile der Komponente $x$ an den Probenmassen $m_j$ (g/g)
$w_{xij}$	Anteil der Komponente $x$ an der Masse $m_{ij}$ (g/g)
Indizes	
Korngrößenfraktion	$i = 1 \dots k$
Meßabschnitte	$j = 1 \dots r$
Komponenten	$x = a, b$

## Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [ 1 ] Heege, H.J. u. W. Hellweg: Entmischung bezüglich der Korngröße beim Verteilen von Mineraldüngern. Grndl. Landtechnik Bd. 32 (1982) Nr. 1, S. 13/19.
- [ 2 ] Hoffmeister, G., Watkins, S. u. J. Silverberg: Bulk blending of fertilizer material: effect of size, shape and density on segregation. Agricultural and Food Chemistry (Washington, D.C.) Bd. 12 (1964) S. 64/69.
- [ 3 ] ● Frizen, H.W.: Verfahrensketten für Mehrnährstoffdünger in den USA. KTBL-Schrift 197 (1975).
- [ 4 ] Haverkamp, L., J. Balg, H.J. Heege u. G. Mülle: Anlagerung von Spurennährstoffdüngern an körnige Hauptnährstoffdünger. Landtechnik Bd. 35 (1980) Nr. 8/9, S. 389/91.
- [ 5 ] Heege, H.J.: Perspektiven für die Lose-Dünger-Kette mit Mischstationen auf der Landhandelsstufe. Berichte über Landwirtschaft Bd. 55 (1977) S. 286 ff.
- [ 6 ] Smith, G.E.: Bulk blended fertilizers. Proceedings of the 11th Annual Meeting. Fertilizer Industry Round Table. Washington, D.C., (1961), S. 90 ff.

## Signalverarbeitung in Pflugregelsystemen

Von Horst Hesse, Stuttgart\*)

DK 631.372:62-52

Einrichtungen zur Regelung von Schlepperanbau- und -anhängegeräten können aus mechanischen, hydraulischen oder elektrischen Bauelementen aufgebaut sein. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die prinzipiellen Eigenschaften der üblichen mechanischen, hydraulischen und elektrischen Bauelemente zur Istwertfassung, zur Signalübertragung und -verarbeitung und liefert eine qualitative Bewertung der verschiedenen Systeme bezüglich der wichtigsten praktischen Kriterien in Form einer Tafel.

### 1. Einleitung

Heute sind fast alle Ackerschlepper in der westlichen Welt mit geregelten hydraulischen Krafthebern ausgerüstet, Bild 1. Das Regelprinzip, bei dem Kräfte der oberen oder der unteren Lenker zur Regelung der Tiefe von Geräten benutzt werden, hat sich gegen alle anderen Lösungsansätze durchgesetzt. Der Hauptnachteil der Kraftregelungssysteme, ein starkes Schwanken der Tiefe bei wechselnden Böden, wird mit Hilfe sogenannter Mischregelungen, bei denen dem Kraftsignal ein Lagesignal zugemischt wird, gelöst.

Vorgetragen auf der VDI-Tagung Landtechnik in Braunschweig am 6. November 1981.

\*) Dr.-Ing. H. Hesse ist Leiter der "Entwicklung Steuerungstechnik für Mobilhydraulik" im Geschäftsbereich "Hydraulik und Pneumatik" der Robert Bosch GmbH.

Die technische Weiterentwicklung der Ackerschlepper hat neuerdings ein Überdenken der Konzepte und der technischen Lösungen in Gang gesetzt. Die wesentlichen Gründe dafür sind:

- geschlossene und gefederte Kabinen (flexible Signalübertragung)
- steigende Anforderungen an Bedienkomfort
- größere Schlepperleistungen (Probleme bei Aufsattelpflügen)
- bessere Regelgüte (kleine Regelabweichung, weiches Übergangsverhalten, volle Ausnutzung der Motorleistung)
- Optimierung des Prozesses Bodenbearbeitung nach Zeit oder Energieverbrauch (Einbeziehung von Schlupf etc.).

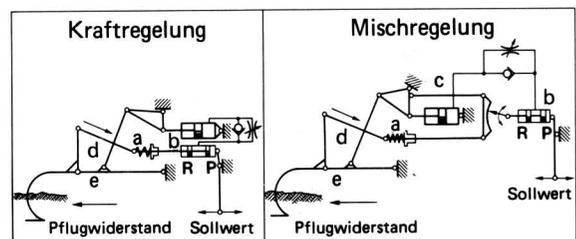


Bild 1. Herkömmliche Pflugregelungssysteme mit Oberlenkerregelung.

- |              |               |
|--------------|---------------|
| a Meßfeder   | d Oberlenker  |
| b Ventil     | e Unterlenker |
| c Lagefühler |               |

Das Kernproblem ist hier, wie bei allen Regelungen, die Signalgewinnung und -verarbeitung, also das Messen der Regelgrößen, das Übertragen, Mischen, Vergleichen, Verstärken sowie die Eingabe externer Größen wie Sollwerte, Heckbetätigung, usw.

Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich deshalb ausschließlich auf die im Signalzweig auftretenden Probleme, Forderungen und Lösungsmöglichkeiten. Es werden mechanische, hydraulische und elektrisch/elektronische Systeme behandelt und verglichen. Bild 2 zeigt das erste von Ferguson eingeführte System mit Oberlenkerregelung und sauggedrosselter Kolbenpumpe.

Bild 3 und 4 stellen heute auf dem Markt befindliche Systeme dar. Bild 3 macht den hohen Aufwand bei modernen mechanischen Systemen und deren geringe Flexibilität deutlich. Bild 4 zeigt den Aufbau eines elektrischen Systems und die dabei mögliche Flexibilität der Anbringung der einzelnen Bauelemente. Diese ist in ähnlicher Form auch für hydraulische Systeme gegeben.

Bild 5 gibt im Blockschaltbild die Hauptaufgaben der Signalverarbeitung wieder, die im folgenden im einzelnen besprochen werden.

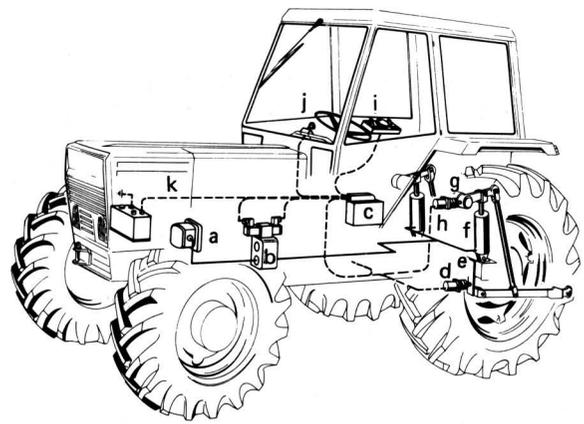


Bild 4. Elektrohydraulisches System der Dreipunktkupplungs-Regelung.

- |                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|
| a Hydropumpe                    | g Hubwelle mit Kurvenscheibe    |
| b Regelventil                   | h Meßwertaufnehmer für die Lage |
| c Elektronikbox                 | i Bedienelemente                |
| d Meßwertaufnehmer für Zugkraft | j Anlaßschalter                 |
| e Meßfeder                      | k Kabelbaum                     |
| f Hubzylinder                   |                                 |

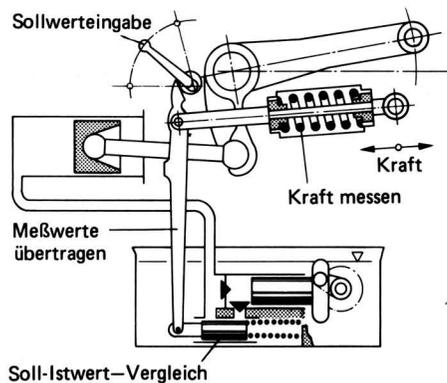


Bild 2. Hydraulik eines kraftgeregelten Pfluges (Ferguson 1936).

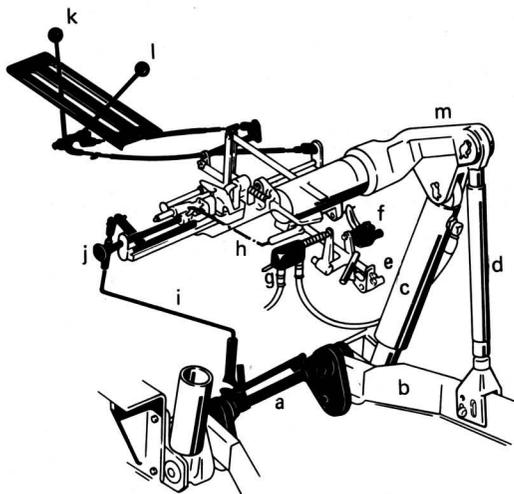


Bild 3. Mechanisches System der Dreipunktkupplungs-Regelung.

- |   |   |
|---|---|
| a Meßwertaufnehmer für Zugkraft                     | h Meßwertübertragung für die Lage             |
| b Unterlenker                                       | i Meßwertübertragung für die Kraft            |
| c Hubzylinder                                       | j Einstellung der Mischung von Kraft und Lage |
| d Hubstange   | k Sollwert Zugkraft                           |
| e Einstellung für Empfindlichkeit der Kraftregelung | l Sollwert Lage                               |
| f Rückführung max. Hubstellung                      | m Hubarm                                      |
| g Regelventil                                       |   |

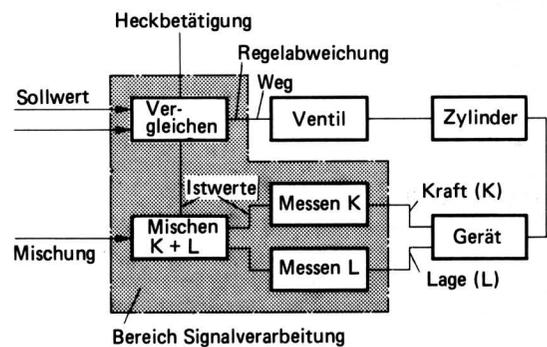


Bild 5. Regelkreis für die Dreipunktkupplungs-Regelung.

## 2. Istwerterfassung und -verarbeitung

Als Istwerte für eine Regelung nach Bild 5 sind zu messen:

1. Kräfte im Ober- oder in den Unter-Lenkern,
2. Lage des Hubwerkgestänges relativ zum Schlepper.

### 2.1 Messung der Kräfte

#### 2.1.1 Mechanische Systeme

Eine Übersicht über mechanische, hydraulische und elektrische Lösungen zur Kraftmessung gibt Bild 6.

Zur Messung der Kräfte werden bei mechanischen Systemen mit Oberlenkerregelung Blattfedern und Schraubenfedern verwendet. Bei Unterlenkerregelungen kommen überwiegend Blattfedern, Biegebalken oder Torsionsfedern zur Anwendung. Das heißt, die Meßgröße Kraft wird immer in einen Weg umgewandelt. Oberlenkerregelungen sind, was das Messen und Übertragen des Signals anbelangt, einfacher als Unterlenkerregelungen, weshalb hier nur auf letztere eingegangen werden soll.

Wird je Unterlenker eine Blattfeder verwendet, dann muß entweder die Summe der zwei Kraftsignale gebildet oder eine Maximalkraft-Auswahl durchgeführt werden. Die Biegebalken- oder Torsionsfeder-Meßsysteme (Zeile 3 und 4) liefern bereits die Kraftsumme. Eine Regelung wird so ausgelegt, daß eine Ansprechempfindlichkeit von ca. 2 %, bezogen auf den Kraftnennwert, erreicht wird. Das bedeutet, daß bei einem angenommenen Nennwert der Kraft von 40000 N eine Kraftänderung von 800 N bereits ein Regelsignal auslösen muß. Für rein mechanische Systeme benötigt man dafür ein Meßsignal als Weg von einigen Millimetern mit einer Wegübersetzung von ca. 1 : 10 bis zum Ventil.

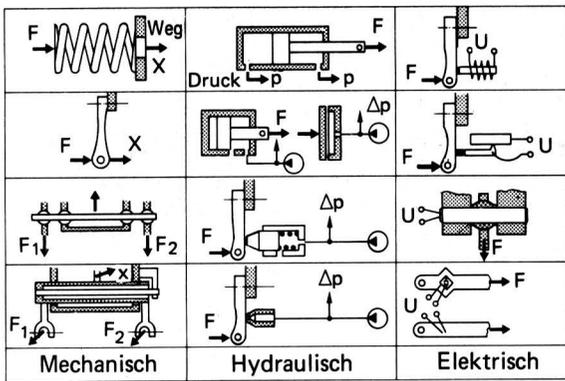


Bild 6. Meßwertaufnehmer zur Kraftmessung.

Das bedeutet eine entsprechend weiche Feder, die durch mechanische Anschläge gegen Überlast geschützt werden muß. Die Auslegung erfolgt so, daß die Meßbereiche für Druck- bzw. Zugkraft sich wie 1 : 2 verhalten.

Um eine möglichst empfindliche Regelung zu erreichen, muß die bei Bewegung der Feder auftretende Reibung bzw. die daraus resultierende Hysterese möglichst klein gehalten werden. Es wird deshalb ein großer Aufwand getrieben, um durch entsprechende Lagerung die Reibung klein zu halten. Trotzdem haben mechanische Systeme mit Federn heute vielfach eine Hysterese in der Größenordnung von 15 % oder mehr, Bild 7.

Ein Charakteristikum der mechanischen Meßsysteme ist die Tatsache, daß die Systeme ohne Fremdenergie arbeiten, d.h. die Meßfedern liefern die Verstellenergie zur Betätigung des Regelventilschiebers direkt. Der Nachteil ist, daß solche Systeme nicht rückwirkungsfrei sind.

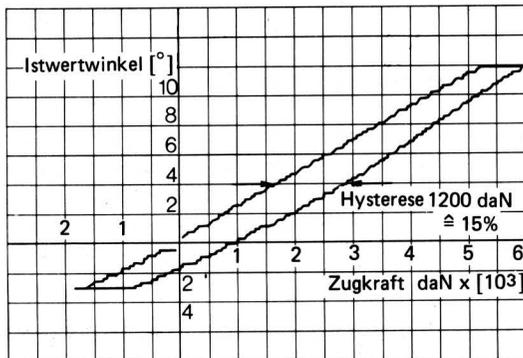


Bild 7. Hysterese einer mechanischen Kraftmeßeinrichtung (Blattfeder).

### 2.1.2 Hydraulische Meßsysteme

Die Signalgröße für die Kraft ist beim hydraulischen System (Bild 6, mittlere Spalte) ein Druck. Direkte hydraulische Kraftmeßsysteme kommen bisher nicht zum Einsatz, obwohl ein Hydraulik-Zylinder, der mit Flüssigkeit gefüllt ist, bei Zug- oder Druckkraftbeaufschlagung theoretisch kraftproportionale Drücke an seinen Anschlüssen liefert. Die Probleme ergeben sich hier in abgeschlossenen Systemen durch die unterschiedlichen Temperaturexpansionskoeffizienten (Stahl/Öl = 1/30), aber auch durch Reibung von Kolbendichtungen (Manschetten). Heute verwendete hydraulische Kraftmeßsysteme gehen auch von Wegen mechanischer Meßfedern aus und wandeln Federwege in hydraulische Drücke.

Die einfachsten Systeme sind Drosselsteuerungen in Form von Düse-Prallplatte- oder Schieber-Kante-Systemen. Vorteilhaft ist die Tatsache, daß solche Systeme mit kleineren Eingangswegen als die mechanischen Meßsysteme arbeiten können, d.h. man kann steifere Federn verwenden. Die erforderlichen Federauslenkungen liegen im 0,1 mm-Bereich. Die verwendeten Elemente sind Verstärker, d.h. je nach Druckversorgung hat das Ausgangssignal einen um den Verstärkungsfaktor höheren Energieinhalt. Nachteilig ist der dafür benötigte Energieaufwand. Bild 8 zeigt die Kennlinie eines hydraulischen Wegaufnehmers mit einer Steuerkante.

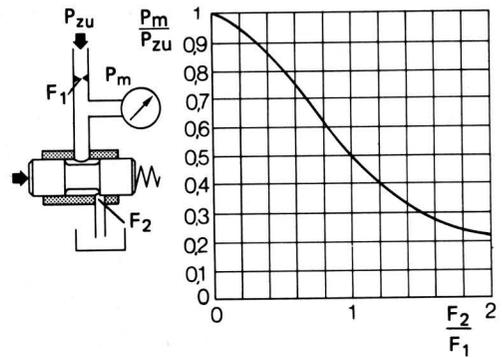


Bild 8. Kennlinie eines hydraulischen Wegaufnehmers (Einkantensteuerung).

### 2.1.3 Elektrische Systeme

Die elektrischen Meßverfahren (Bild 6, rechte Spalte) bieten die größte Vielfalt an Möglichkeiten. Hier gibt es direkte Kraft-Spannungs- oder Kraft-Strom-Wandler, z.B. Systeme, die den Piezoeffekt nutzen. Für stationäre Messungen ist aber der Piezoeffekt wegen der erforderlichen Isolation nicht geeignet. Die meisten der gebräuchlichen elektrischen Kraftmeßverfahren beruhen auf der Ausnutzung von Widerstandsänderungen von ohmschen, induktiven, kapazitiven oder auch magnetischen Widerständen.

Bei dem heute in Serie befindlichen elektrohydraulischen Kraftheberregelsystem von Bosch wird auch der Weg vorhandener mechanischer Meßfedern mit induktiven Wegaufnehmern gemessen, d.h. die Messung erfolgt indirekt. Bild 9 zeigt die Kennlinie eines induktiven Wegaufnehmers für übliche mechanische Meßfedern. Mit den induktiven Wegaufnehmern können auch kleinere Meßfederwege als bei den hydraulischen Aufnehmern realisiert werden.

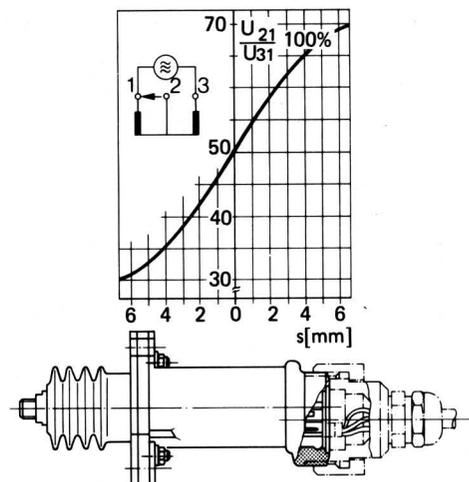
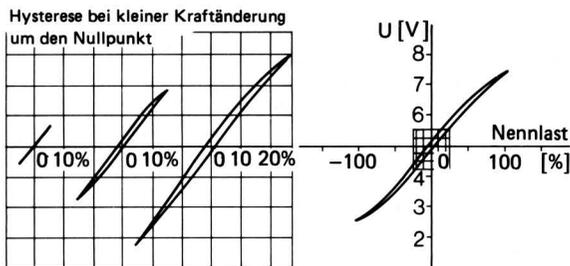
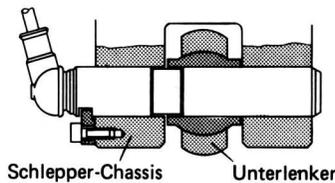


Bild 9. Kennlinie eines induktiven Wegaufnehmers.

Da eine solche Lösung für ein elektrohydraulisches System langfristig unbefriedigend ist, weil die mechanische Feder nicht ersetzt wird, arbeitet Bosch an direkten Kraftmeßsystemen, mit denen möglichst "weglos" gemessen werden sollte. Es wurde z.B. ein Meßbolzen entwickelt, der anstelle der vorhandenen Bolzen zum Anlenken der unteren Lenker am Schlepper benutzt werden kann.

**Bild 10** zeigt den Einbau und die Kennlinien eines solchen Bolzens, mit dem bereits im praktischen Betrieb sehr positive Ergebnisse erzielt wurden. Hier werden die mechanischen Spannungen im Bolzen mit Hilfe von Elektronik meßtechnisch ausgewertet. Das System liefert für Druck- und Zugkräfte elektrische Spannungen unterschiedlicher Polarität und hat eine Hauptmeßrichtung. Eine Besonderheit des Meßsystems ist, daß die Hysterese, die beim Durchfahren des Nennkraftbereiches etwa 4 % beträgt, mit abnehmender Amplitude kleiner wird (**Bild 10** links). Das ist für eine genaue, stabile Regelung und damit für die Erhöhung der Schlepperauslastung von großer Bedeutung.

In USA wird von Case ein von Cessna entwickeltes Meßsystem verwendet (**Bild 6**, untere Zeile). Dabei ist der Unterlenker in Nähe der schlepperseitigen Anlenkung rautenförmig geteilt (Kraftmeßring). Die Änderung des Abstandes der beiden Eckpunkte der Raute bei einwirkenden Kräften wird potentiometrisch gemessen. Die Tendenz geht eindeutig dahin, den bei größeren Schleppern erheblichen Aufwand für die Kraftmessung zu verringern. Hier bieten elektrische Systeme die meisten Möglichkeiten.

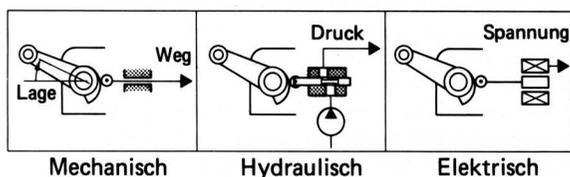


**Bild 10.** Anordnung und Kennlinie eines Kraftmeßbolzens am Unterlenker.

## 2.2 Messung der Lage

Die Lagemessung, **Bild 11**, erfolgt beim mechanischen System derart, daß mittels einer Kurvenscheibe (archimedische Spirale) ein lageproportionales Wegsignal erzeugt wird. Die hydraulischen und elektrischen Systeme sind einander ähnlich, weil wie bei der Kraftmessung indirekte Weg-Druck- bzw. Weg-Spannungs-Wandler zum Einsatz kommen.

Hier bietet auch die Elektrik eine Fülle von Möglichkeiten, vor allem auch verschleißfrei berührunglos zu messen. Die von Bosch verwendete induktive Wegmessung hat sich bisher, was Funktion und Robustheit anbelangt, sehr gut bewährt.

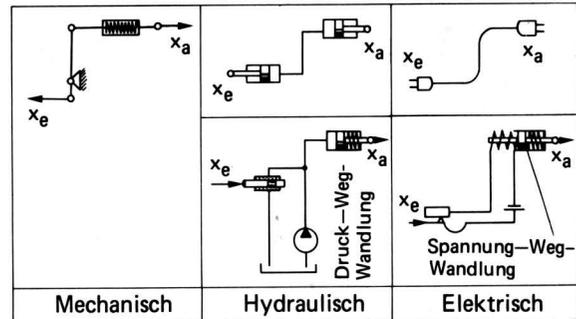


**Bild 11.** Anordnungen zum Messen der Lage an der Hubwelle.

## 2.3 Signalübertragung

### 2.3.1 Mechanische Systeme

**Bild 12** zeigt die verschiedenen Möglichkeiten der Signalübertragung. Bei mechanischen Systemen erfolgt die Übertragung ausschließlich mit Hebeln, wobei Wegübersetzungen von 1 : 10 realisiert werden müssen, um die eingangs angesprochene Empfindlichkeit des Systems zu erreichen. Wichtig ist auch hier, daß Reibung, Lose, Elastizität möglichst klein gehalten werden.



**Bild 12.** Verschiedene Lösungen der Signalübertragung.

Da der Arbeitsbereich der Ventile nur etwa 1/4–1/3 des Meßbereiches, d.h. des am Ventil ankommenden Weges, umfaßt, muß durch Freiläufe oder Überdrückglieder ein Arbeitsbereichsauschnitt aus dem Kennfeld ermöglicht werden.

### 2.3.2 Hydraulische Systeme

Hydraulische Lösungen bieten wie die elektrischen die Möglichkeit der flexiblen Übertragung auch zwischen sich relativ zueinander bewegenden Systemen (Kabine).

Die Übertragung kann rein hydrostatisch erfolgen. Was heute aber in keiner der Kraftheberregelungen realisiert ist. Bosch stellt z.B. Scheinwerfervorstellungssysteme für Pkw her, die nach diesem Prinzip arbeiten. Dabei wird durch Wahl von Fluid und Rohrmaterial bis + 80 °C eine völlige Temperaturkompensation erreicht. Am gebräuchlichsten sind Rohrleitungen, in denen die Signale als Drucksignale übertragen werden. Solche Systeme sind bei manuellen Fernsteuerungen großer Ventile (Bagger) seit Jahren bewährt. In automatischen Regelungen muß hier auf Temperaturkompensation geachtet werden, was durch symmetrischen Aufbau und Brückenschaltung weitgehend erreichbar ist.

Das Drucksignal wird auf der Ausgangsseite bei Kraftvergleich direkt zur Verstellung des Ventils benutzt oder über ein Federsystem vorher wieder in einen Weg gewandelt.

### 2.3.3 Elektrische Übertragung

Auch bei der Übertragung bietet die Elektrik die größten Möglichkeiten. Verwendet werden Kabel und als Signale Spannungen (0–10 V). Besonders aufwendige Abschirmungen gegen Streufelder sind nicht erforderlich. Der Schutz vor Störsignalen wird durch Tiefpaßfilter sichergestellt. Die elektrische Meßwertübertragung findet auf sehr niedrigem Leistungsniveau statt. Das heißt, die Signale müssen, da ein Ventil betätigt werden muß, verstärkt werden auf ein Niveau von 20–30 W, damit ein Magnet zur Ventilbetätigung genügend Kraft hat. Die dabei nötige Energie wird der Batterie entnommen und wird nur bei Verstellung des Ventils benötigt.

## 2.4 Mischen

Bild 13 zeigt die verschiedenen Lösungsmöglichkeiten, Signale zu mischen oder zu addieren:

Bei mechanischen Systemen wird in der Regel der Weg-Vergleich zur Mischung bzw. Addition gewählt.

Bei hydraulischen Systemen werden dagegen systembedingt Drücke oder Ströme gemischt.

Bei elektrischen Systemen werden in analogen Systemen Spannungen gemischt.

Da wir es bei herkömmlichen Regelungen mit nur zwei Regelgrößen zu tun haben, bereitet deren Verarbeitung mit mechanischen oder hydraulischen Komponenten keine besonderen Schwierigkeiten. Falls aber mehrere Größen zu verarbeiten sind, ist die elektrische Lösung eindeutig überlegen.

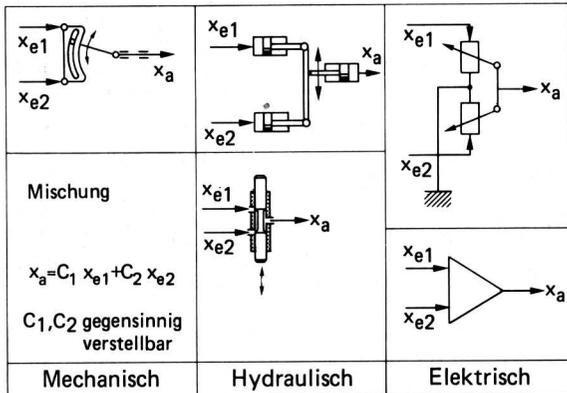


Bild 13. Anordnungen zum Mischen von Signalen.

## 2.5 Vergleichen

Das Vergleichen von Soll- und Istwerten, Bild 14, erfolgt bei mechanischen Systemen als Wegvergleich, bei hydraulischen Systemen als Kraft- (Druck-) Vergleich und bei elektrischen als Kraftvergleich mit Hilfe von Magneten oder häufiger als Spannungsvergleich in der Elektronik.

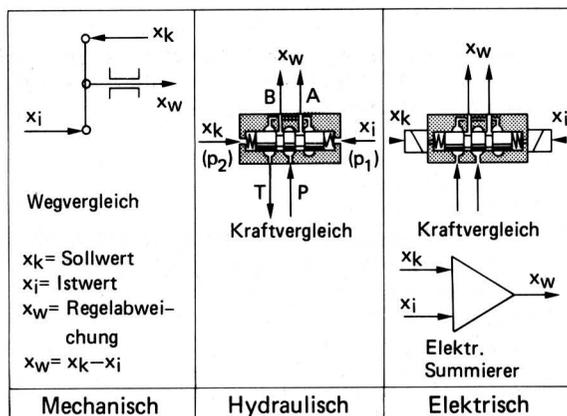


Bild 14. Anordnungen zum Vergleichen von Signalen.

## 3. Bedienung des Systems, Eingabe von Sollwerten oder anderen Steuergrößen

Sollwerte und Mischungsverhältnis werden heute bei mechanischen Systemen mit Hebeln in die Vergleichsstelle bzw. Mischstelle als Weg eingegeben. Zum Ausheben des Gerätes wird der Sollwerthebel in eine Endlage gebracht und beim Absenken wieder auf die gewünschte Position, die als verstellbarer Anschlag gespeichert werden kann.

Die Einführung der gefederten Kabine und die steigenden ergonomischen Forderungen bereiten zunehmend Schwierigkeiten bei mechanischen Systemen. Das gilt für die Anordnung, für die Gestaltung des Bedienpultes, für die gewünschten Betätigungskräfte und für die Darstellung von "Schnellaushub" und Heckbetätigung.

Mit einem Schnellaushubhebel oder einer Heckbetätigung kann der eingestellte Sollwert übersteuert werden. Beim Ausheben wird das Steuergerät in die obere Endstellung gebracht. Beim Absenken wieder auf den eingestellten Sollwert, oder es kann, um ein schnelleres Einziehen zu ermöglichen, der eingestellte Sollwert zu größerem Tiefgang hin übersteuert werden.

Mechanisch sind solche Sollwertübersteuerungen aufwendig. Hydraulisch und elektrisch sind sie dagegen leicht realisierbar.

Bei elektrischen Systemen sind bei einfachem Aufbau unterschiedlichste Bedienphilosophien zu realisieren, vor allem sind auch einfache Möglichkeiten von Sicherheitsschaltungen durch Verriegelung etc. gegeben.

Bild 3 zeigt die Bedienehebel eines mechanischen Systems, Bild 15 zeigt das Bedienpult eines elektronischen Systems.

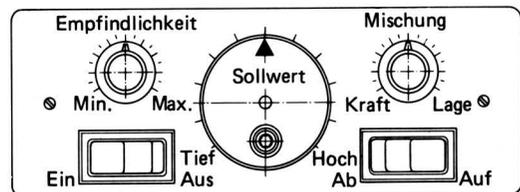


Bild 15. Bedienpult für eine elektronische Regelung von Schleppergeräten.

## 4. Vergleich der Systeme

In Tafel 1 sind die verschiedenen Systeme bezüglich einer Reihe wichtiger Kriterien bewertet. Bei jedem Kriterium wurden die drei Lösungen Mechanik, Hydraulik und Elektrik untereinander qualitativ verglichen: Die schlechteste Lösung erhält ein Minuszeichen, die beste ein Pluszeichen, die mittlere eine Null; gleichwertige Lösungen erhalten gleiche Zeichen. Die elektrischen Systeme schneiden bei einem solchen, bis auf das Kriterium Kosten rein technischen Vergleich erwartungsgemäß am besten ab.

Hier können Forderungen bezüglich der Funktion optimal erfüllt werden und die Fähigkeit zu weiterem Ausbau ist am größten. Verwundern mag, daß trotz der vielen Pluspunkte die elektronischen Systeme sich noch nicht eingeführt haben. Hier gibt es bei Maschinenbauern eine psychologische Barriere, die überwunden werden muß, und es herrscht eine verbreitete Skepsis bezüglich der Zuverlässigkeit elektronischer Systeme vor. Seit 1978 rüsten Bosch-Kunden Schlepper mit serienmäßigen elektrohydraulischen Systemen aus. Die Zuverlässigkeit dieser Systeme ist sehr hoch und mit mechanischen vergleichbar. Von zunehmender Bedeutung wird die Einfachheit der Fehlerdiagnose und der Reparatur. Für die Diagnose hat Bosch ein einfach zu bedienendes Testgerät entwickelt, das einen Fehler im System ortet. Die Reparatur erfolgt dann durch Austausch. Dafür kann vorhandenes Werkstattpersonal schnell angelernt werden.

Kriterien	Mechanik	Hydraulik	Elektrik
Meßgenauigkeit	—	0	+
Meßbereich	—	0	+
Reibung, Hysterese	—	0	+
Rückwirkungsfreiheit	—	+	+
Temperaturabhängigkeit	+	—	+
Verstärkung	—	0	+
Überlastbarkeit	—	0	+
flexible Übertragung	—	0	+
Hilfsenergie	+	—	0
Ausbaufähigkeit	—	0	+
Ergonomie	—	0	+
Zuverlässigkeit	+	0	0
Addition zusätzlicher Größen	—	0	+
Diagnose, Reparaturfähigkeit	—	0	+
Sicherheitsschaltungen	—	0	+
automatische Bedienabläufe	—	0	+
Kosten	0	0	—

Tafel 1. Vergleich der Systeme hinsichtlich wichtiger Kriterien.

Ein weiterer wichtiger Punkt sind die Kosten. Auf der Basis des heute üblichen Funktionsinhaltes eines Regelsystems sind elektrohydraulische Systeme teurer als mechanische oder auch hydraulische. Bei zunehmendem Funktionsinhalt wie Heckbetätigung, Schnellaushub, Sicherheitsfunktionen, Anzeigen, zusätzliche Regelgrößen wird sich die Relation zugunsten der Elektronik verändern, wenn dabei berücksichtigt wird, daß elektronische Bauelemente immer billiger werden.

## 5. Schlußfolgerungen und Ausblick

Bisher haben bei Hubwerksregelungen die mechanischen Lösungen das Feld beherrscht. Durch die eingangs geschilderten Entwicklungen und Forderungen

- Kabine
- bessere Regelgüte
- bessere Ergonomie und Bedienkomfort
- Probleme bei großen Schlepperleistungen
- Optimierung Schlepper-Gerät (z.B. Schlupfregelung)

werden neue Forderungen an die Systeme gestellt, die mit den herkömmlichen mechanischen Bauelementen weder funktionell noch kostenmäßig befriedigend gelöst werden können.

Die hydraulischen Systeme erfüllen die Forderungen, die von der gefederten Kabine kommen, sowie auch die nach besserer Ergonomie weitgehend. Nachteilig ist der relativ hohe Verbrauch an Steuerenergie und die begrenzte Ausbaufähigkeit. Die elektrohydraulischen Systeme können alle technischen Forderungen erfüllen und bieten unbegrenzte Ausbaumöglichkeiten auf dem Weg zur Optimierung der Bodenbearbeitungsprozesse und deren Kontrolle.

## Schlepperbesatz und Schlepperverwendung bei unterschiedlichen betrieblichen Verhältnissen

Von Günter Olfe und Hans Schön,  
Braunschweig-Völkenrode\*)

*Mitteilung aus dem Institut für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode*

DK 631.372:631.171

In der Landwirtschaft kommt dem Schlepper bei der Verbesserung der Arbeitsbedingungen, bei der Einsparung von Energie sowie der Senkung der Erzeugungskosten eine besondere Bedeutung zu. Die Verwirklichung dieser Ziele setzt Kenntnisse über den gegenwärtigen Schlepperbesatz der Betriebe und über die Schlepperverwendung voraus.

Daher wurde eine schriftliche Befragung im Bundesgebiet durchgeführt, bei der 1978 Betriebsleiter über die Zahl der Schlepper, deren Nennleistung, Alter, Betriebsstundenzählerstand und die Art ihrer Verwendung bei gleichzeitiger Angabe wichtiger betrieblicher Kennzahlen Auskunft erteilten.

\*) Dipl.-Ing. agr. G. Olfe ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, Prof. Dr. agr. H. Schön ist Leiter des Instituts für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.

### 1. Einleitung

In den letzten 30 Jahren ist die Landwirtschaft in großem Umfang mechanisiert worden. Im Zuge dieser Entwicklung ist der Acker- und Traktorschlepper zur zentralen Arbeitsmaschine der landwirtschaftlichen Betriebe geworden. 1979 waren in der Bundesrepublik Deutschland in den Betrieben mit mehr als 5 ha landwirtschaftlich genutzter Fläche (LF) durchschnittlich 1,9 Schlepper vorhanden [1].

Auf dem Schlepper verbringt der Landwirt einen Großteil seiner Arbeitszeit. Der Schlepper ist außerdem einer der Hauptenergieverbraucher. Etwa 22 % der in der Landwirtschaft insgesamt eingesetzten Primärenergie sind im Dieselmotorkraftstoff enthalten [2]. Nicht zuletzt ist der Schlepper sowohl für die Landwirtschaft als auch für die Industrie von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Im Wirtschaftsjahr 1979/80 investierte die bundesdeutsche Landwirtschaft 2,1 Mrd. DM in Acker- und Traktorschlepper, etwa ein Fünftel der gesamten Brutto-Anlageinvestitionen, und 2,6 Mrd. DM wurden für Treib- und Schmierstoffe ausgegeben [1].

Die Schlepperentwicklung bietet daher einen erfolgversprechenden Ansatz