

## Was ist und wozu braucht man die Regelhydraulik?

Die Einführung der Regelhydraulik an zahlreichen deutschen Schlepperfabrikaten hat auf der DLG-Ausstellung in München 1962 Aufsehen erregt und Diskussionen hervorgerufen. Der Zweck der Regelhydraulik ist, die Arbeitstiefe von Bodenbearbeitungsgeräten, insbesondere von Pflügen, zu regeln, beispielsweise sie konstant zu halten oder sie so zu beeinflussen, daß eine andere Größe wie beispielsweise die vom Gerät beanspruchte Zugkraft oder der am Schlepperreifen notwendige Zugkraftbeiwert konstant gehalten wird. Es soll hier im wesentlichen die Regelung auf konstante Zugkraft betrachtet werden<sup>1)</sup>. Die Aufgabe dieser Regelungsart ist, bei Schleppern geringen Eigengewichts eine hohe Flächenleistung mit Geräten hohen Zugkraftbedarfs wie Pflügen, Grubbern zu erreichen und dabei einen störungsfreien Betrieb zu gewährleisten; dies geschieht durch Übernahme eines Maximums an Vertikalkräften auf die Hinterachse.

Der bisherige Pflug, der Anhängerpflug, der Anbaupflug an der Dreipunkthydraulik in Schwimmstellung (Freigang) ohne oder mit Achslasterhöhung („Raddruckverstärker“, „Achslastübertragung“, „Antischlupf“, „Transferer“), braucht keine Regelhydraulik, weil seine Arbeitstiefe durch Ausnutzung kinematischer und physikalischer Zusammenhänge selbsttätig fast konstant gehalten wird. Diese Zusammenhänge, die bereits beschrieben wurden [1; 2], sollen einleitend kurz aufgezeigt werden.

### Selbstregelung des Freigangpfluges

Resultierender Bodenwiderstand  $R_w$ , Gewicht  $G_p$  des Pfluges und Anlagewiderstand  $A_w$  haben eine Resultierende  $W_0$  (Bilder 1a bis 1d). Der Pflug dreht sich um den (reellen oder ideellen) Führungspunkt  $P$  so, daß sich an der Pflugschleife eine Sohlenkraft  $S$  von solcher Größe einstellt, daß die Resultierende  $W$  aus  $W_0$  und  $S$  durch  $P$  geht. Verringert sich die Arbeitstiefe  $t$  des Pfluges (im Bilde durch eine Linksdrehung), so drückt sich aus kinematischen Gründen die Schleifsohle weniger tief in den Furchengrund  $F$  ein, die Sohlenkraft und deren linksdrehendes Moment werden kleiner beziehungsweise verschwinden ganz; der resultierende Bodenwiderstand und sein linksdrehendes Moment werden kleiner; die Summe der Kräfte und Momente am Pflug ergeben ein rechtsdrehendes Moment  $M_R$  (Bild 1d), das den Pflug tiefer in den Boden zieht und dabei unter anderem folgende linksdrehende Gegenmomente hervorruft (die zusammen  $M_R$  das Gleichgewicht halten):

ein Reibungsmoment  $M_g$  im Gestänge;

das Moment einer im Trägheitsmittelpunkt des Pfluges angreifenden Trägheitskraft  $T$ ;

das linksdrehende Moment einer Verkleinerung  $\Delta V$  des Vertikalanteiles  $V$  des resultierenden Bodenwiderstandes  $R_w$ . Diese Verkleinerung gegenüber dem vorherigen Zustand wird durch die Verkleinerung des wirksamen Freiwinkels des Pfluges hervorgerufen, welche durch das Zusammensetzen von Fahrgeschwindigkeit und vertikaler Eindringgeschwindigkeit des Schar bedingt ist (siehe Bild 8).

Diese Erscheinungen begleiten die Rechtsdrehung des Pfluges, bei welcher die Schleifsohle eine größere Vertikalbewegung ausführt als das Schar (insbesondere als die vor der Schleifsohle laufende Scharspitze); die Schleifsohle drückt sich wieder stärker in die Furchensohle  $F$  ein, die Sohlenkraft steigt, bis aus dem eben beschriebenen dynamischen Gleichgewicht wieder ein statisches geworden ist (mit  $T = 0$ ).

<sup>1)</sup> Die sogenannte „Position-Control“ hält die Höhenlage der unteren Lenker des Dreipunktgestänges relativ zum Schlepper konstant. Sie ist keine Regelung im eigentlichen Sinne, weil ihre Regelgröße betriebsmäßig nicht durch Störgrößen beeinflusst wird; sie arbeitet eigentlich fast ständig nur als eine — für einige Aufgaben sehr nützliche — Folgesteuerung. Erst bei sogenannter „Mischkontrolle“ beteiligt sie sich an der Regelung, und zwar als Rückführung.

<sup>2)</sup> So regelt sich der Wasserspiegel des Bodensees „selbst“ durch die physikalische Abhängigkeit der abfließenden Wassermenge von der Stauhöhe bei Schaffhausen, während der Wasserspiegel eines Spülkastens, dem dieser stabile physikalische Zusammenhang fehlt, durch einen Schwimmerregler geregelt werden muß. Bodensee und Freigang-Pflug sind „Regelstrecken mit Ausgleich“.

<sup>3)</sup> Daten des 28 PS-Schleppers: Bereifung 11—28 AS; Statische Hinterachslast  $H_a = 995$  kp; Statische Vorderachslast  $V_a = 530$  kp im Leergewicht, also mit Brennstoff und Fahrer, doch ohne Ballast und Pflug [3].

Die Arbeitstiefe regelt sich also von selbst durch den physikalischen Vorgang „Sohlenkraft  $S$  als Funktion der Eindringtiefe  $s$  der Schleifsohle“<sup>2)</sup>. Die Arbeitstiefe kann außerdem beispielsweise durch Höhensteuerung des Führungspunktes  $P$  an der Pflugkarre oder dem Schlepper gesteuert werden.

### Wirkung auf die Achslasten

Die physikalisch selbsttätige Tiefenregelung des traditionellen Pfluges, aber auch des Freigangpfluges am Dreipunktgestänge, erfordert das ständige Vorhandensein einer Sohlenkraft  $S$ . Untersuchen wir nun deren Wirkung auf den Schlepper bei Freiganghydraulik und machen wir dazu das System Schlepper + Pflug frei. Dabei müssen wir die inneren Kräfte, beispielsweise die im Dreipunktgestänge, außer Ansatz lassen, da diese Kräfte und ihre Gegenkräfte am System angreifen. Das soll am Beispiel eines 28 PS-Schleppers<sup>3)</sup> betrachtet werden.

Vorher müssen wir die Zulässigkeit einer Vereinfachung untersuchen, welche wir uns bei dieser Betrachtung erlauben. Bild 2 zeigt links den Schlepper im Querschnitt von hinten gesehen unter den Bedingungen, die dem Vergleich zugrundegelegt sind. Wegen der Schrägstellung des Schleppers in der Furche und der Höhenlage seines Schwerpunktes ergeben sich die Hinterradlasten  $B_l$  und  $B_r$  nahezu exakt im Verhältnis  $B_l/B_r = r/l$ . Es ergeben sich auch verschiedene Zugkräfte der beiden Räder  $U_{Nl} = \kappa_l(\sigma_l) \cdot B_l$  und  $U_{Nr} = \kappa_r(\sigma_r) \cdot B_r$ . Die Resultierende  $U_N$  der Nutz-Umfangskräfte  $U_{Nl}$  und  $U_{Nr}$  durchstößt die Seitenrißebene von Bild 2 im Punkt  $U_N$ , welcher im Bereich von (1) bis (2) streut. Für die Betrachtung der Momente in der in Fahrtrichtung weisenden Vertikalebene  $YY$  machen wir einen verzeihlichen Fehler (1%), wenn wir uns die Resultierende  $U_N$  stattdessen auf der Hälfte der Furchentiefe im Punkt  $Q$  angreifend denken, also in Höhe der Lage (2) von  $U_N$ . Wir betrachten daher die Horizontalebene durch  $Q$  als Standebene des Schleppers; bezüglich Drehung um den Vektor  $Y$  übt  $U_N$  dann kein Moment aus.

Die Veränderung der Achslasten durch den Fahrwiderstand wurde vernachlässigt, die Vergrößerung des erforderlichen „Zugkraft-

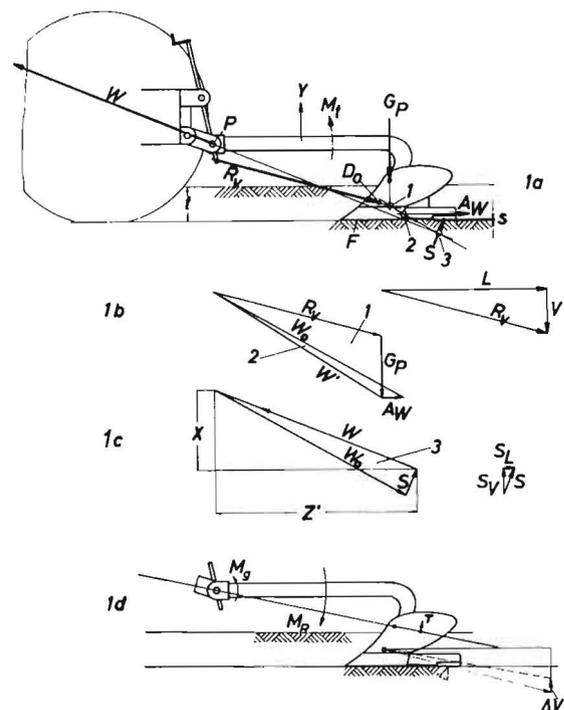


Bild 1: Gleichgewicht der Kräfte am Freigangpflug in üblicher Betrachtungsweise (Bilder 1a bis 1c); Rückstellkräfte gegen Wiederanstieg der Arbeitstiefe (Bild 1d)

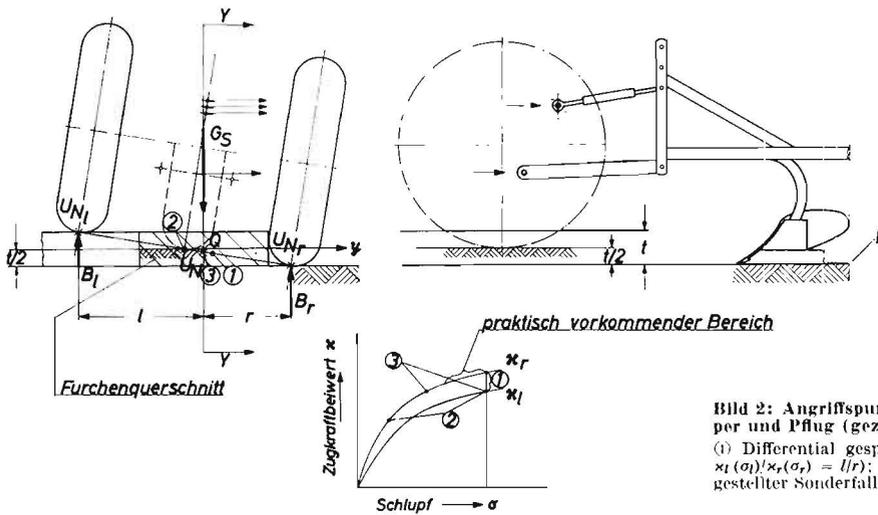


Bild 2: Angriffspunkte der Horizontalkräfte, Relativlage zwischen Schlepper und Pflug (gezeichnet mit den Maßen der Regelhydraulik)  
 (1) Differential gesperrt ( $\sigma_l = \sigma_r$ ); (2) Differential reibungsfrei ( $U_{Nl} = U_{Nr}$ ;  $\kappa_l(\sigma_l)/\kappa_r(\sigma_r) = l/r$ ); (3) Differential reibungsbehaftet: Für Punkt (3) gilt dargestellter Sonderfall  $\kappa_l(\sigma_l) = \kappa_r(\sigma_r)$

beiwertes<sup>4</sup> durch den Rollwiderstand der Vorderräder berücksichtigt.

Wir ermitteln in Bild 3  $W$  beziehungsweise  $W_0$  (wie bei Bild 1a, 1b gezeigt) und untersuchen die Wirkung von  $W$  beziehungsweise  $W_0$  auf das System (Schlepper + Pflug), indem wir erlaubterweise  $W_0$  in dem uns bequemen Punkt  $Q$  in ihre Waagrechtkomponente  $Z'$  und ihre Senkrechtkomponente  $X$  zerlegen.  $Q$  ist der Durchstoßpunkt des Vektors  $W_0$  beziehungsweise  $W$  durch die gewählte Standebene, welche den Vektor  $Y$  enthält. So übt die Waagrechtkomponente  $Z'$  von  $W$  beziehungsweise  $W_0$  kein Moment um  $Y$  aus; das Gleichgewicht der Momente um  $Y$  wird beschrieben durch  $(+ B_s \cdot a - G_T \cdot l_0) + (\Delta B \cdot a - X \cdot l_c) = 0$ , wobei aus der Definition von  $B_s$  der erste Klammerausdruck für sich = 0 ist. Also ist

$$+ \Delta B = X \cdot \frac{l_c}{a} \text{ und}$$

$$- \Delta A = X \left( \frac{l_c}{a} - 1 \right).$$

### Achslasten bei Regelhydraulik

Wir wenden nun diese Methode auf den hier betrachteten 28 PS-Schlepper und Pflug<sup>4)</sup> an, und zwar zunächst mit Regelhydraulik und in einem Augenblick, in dem sich diese in Neutralstellung befindet, also weder hebt noch senkt, aber den Pflug trägt (Bild 4). Die Kräfte  $OL$  und  $UL$  betrachten wir später, sie üben hier, als innere Kräfte, keine Wirkung aus.

Zahlenmäßig ergibt sich dann im gewählten Beispiel eine zusätzliche Hinterachslast  $\Delta B$  von 1084 kp und eine Betriebs-Hinterachslast  $B$  von 2079 kp, die mehr als doppelt so groß ist als die

statische Hinterachslast  $B_s$ . Wie Tafel 1 zeigt, genügt hier zur Übertragung der Zugkraft ein Zugkraftbeiwert  $\kappa = 0,52$ . Dieser ist unter durchschnittlichen Verhältnissen im allgemeinen mit erträglichem Schlupf erreichbar, also unbedenklich.

Wir haben soeben keine Sohlenkraft berücksichtigt, wie wir dies für einen völlig vom Schlepper getragenen Pflug annehmen dürfen, dessen Arbeitstiefe zum Beispiel von einer Regelhydraulik geregelt wird<sup>5)</sup>. (Auf der Unterfläche der Anlage können unter Umständen geringe Vertikalkräfte übertragen werden.)

Je weiter ein Pflugkörper vom Schlepper entfernt ist, desto mehr trägt er zur Achslasterhöhung bei. Man kann beweisen, daß ein weiterer Pflugkörper, der sich im Abstand  $l_x$  von der Vorderachse des Schleppers befindet, dann bei gleichbleibendem beziehungsweise kleinerem  $\kappa$  und ohne zusätzlichen Hinterradballast gezogen werden kann, wenn

$$l_x \geq l_{c \text{ Grenz}} \approx a \cdot \frac{1}{\kappa} \cdot \frac{1}{\tan \alpha} = a \cdot \frac{1}{\kappa} \cdot \frac{\Delta L}{\Delta G + \Delta V}$$

<sup>4)</sup> Daten des Dreischar-Beetpfluges: Gewicht  $G_P = 320$  kp  
 Arbeitsbeispiel: Arbeitsbreite  $b = 3 \times 25 = 75$  cm  
 Arbeitstiefe  $t = 20$  cm  
 Spezifische Längskraft = 58 kp/dm<sup>2</sup>  
 Längskraft  $L = \frac{b \cdot t}{100} \cdot 58 = 870$  kp  
 Vertikalkraft  $V = 235$  kp  
 Resultierende Scharkraft  $R_v = 900$  kp  
 Koppelhöhe des Pfluges = 460 mm bei Regelhydraulik (siehe Tafel 3)

<sup>5)</sup> Wird wegen Änderung der Störgröße Boden Zustand eine Änderung der Tiefe selbsttätig eingeregelt, so verlangt die ausschließlich betrachtete, auf konstante Zugkraft regelnde Regelhydraulik hierfür keine bleibende Änderung der Regelgröße Zugkraft, wenn man von Änderungen zweiter Ordnung infolge veränderter Lage von Lenkern absieht. (Im Gegensatz dazu erfordert zum Beispiel beim Fließkraft-Drehzahlregler ohne Hilfsenergie eine bleibende Änderung der Störgröße Drehmoment eine bleibende Änderung der Regelgröße Drehzahl)

Bild 4 (rechts): Kräfte am Pflug (—▷) am System (Schlepper + Pflug) und am Schlepper (—▷) bei Regelhydraulik in Neutralstellung

<sup>\*</sup>) Kraft  $W_0$  schneidet im dargestellten Beispiel den Oberen Lenker 13 bis 14 mm hinter dem Angriffspunkt am Geber

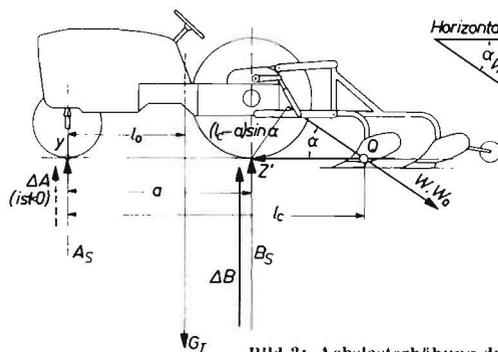
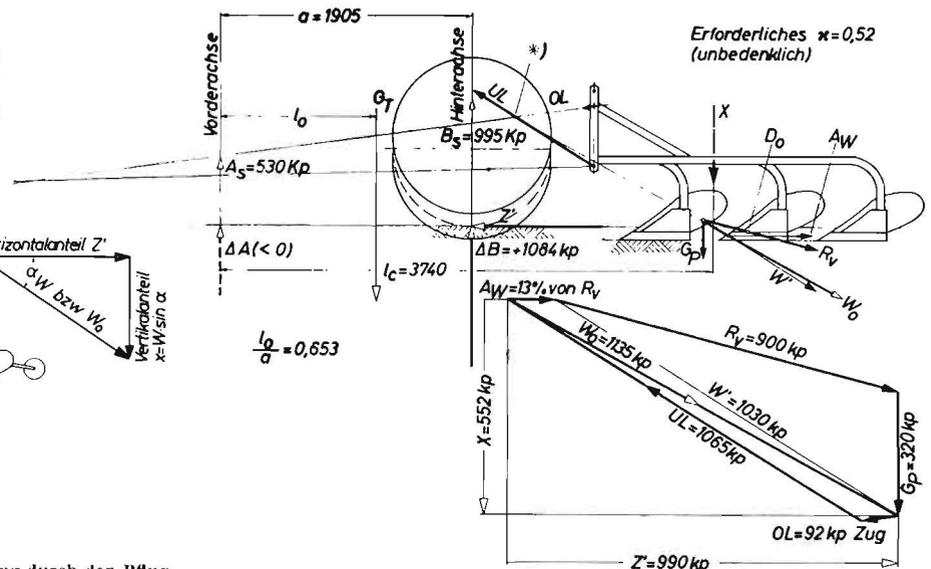


Bild 3: Achslasterhöhung durch den Pflug



**Tafel 1: Achslasten und erforderliche Zugkraftbeiwerte bei Regelhydraulik in Neutralstellung und bei Freiganghydraulik mit Sohle (ohne Stützrad)**

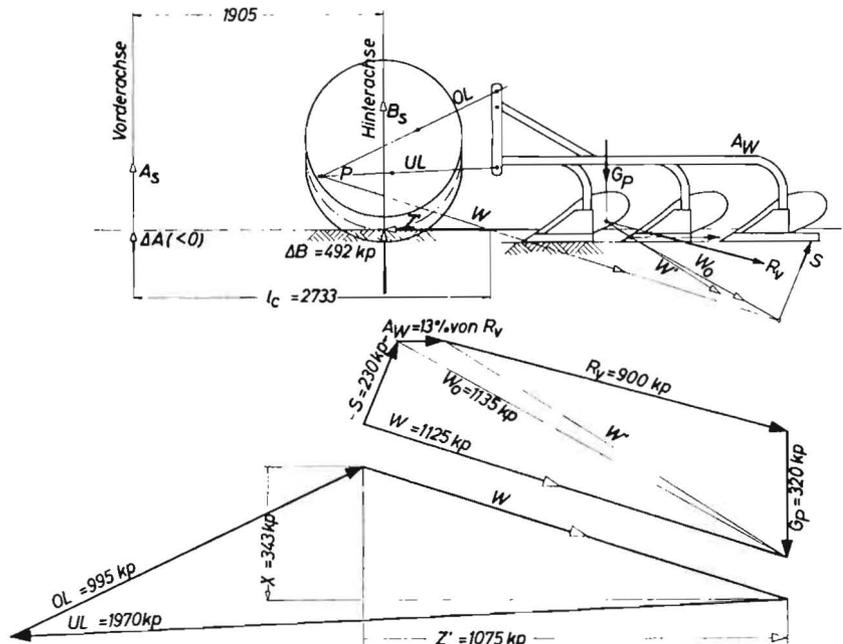
	Regelhydraulik in Neutralstellung	Freiganghydraulik ohne „Transferer“
Längskraft des Pfluges $Z'$ [kp].	990	1075
Rollwiderstand der Vorderräder [kp]. . . . .	90	90
Erforderliche Nutz-Umfangskraft der Hinterräder $U_N$ [kp].	1080	1165
Statische Hinterachslast (ohne Pflug) $B_s$ [kp]. . . . .	995	995
Gewinn an Hinterachslast beim Pflügen $\Delta B$ [kp]. . . . .	1084	492
Betriebs hinterachslast $B_b$ [kp].	2079	1487
Erforderlicher „Zugkraftbeiwert“ $\alpha$ [1]. . . . .	0,52	0,78
Statische Vorderachslast beim Leergewicht $A_s$ [kp]. . . . .	+530	+530
Änderung der Vorderachslast $\Delta A$ [kp]. . . . .	-532	-149
Vorderachsballast bei Dreischarpflug [kp]. . . . .	+90	0
Betriebs-Vorderachslast beim Pflügen $A_b$ [kp]. . . . .	+88	+381

$\alpha$  ist in Bild 3 definiert;  $AL$ ,  $\Delta V$  sind die Bodenkräfte des zusätzlichen Körpers,  $\Delta G$  die Gewichtserhöhung des Pfluges durch diesen Körper;  $l_2$  ist der Abstand vom Durchstoßpunkt  $Q$  (Bild 3) der Resultierenden aus  $\Delta L$ ,  $\Delta V$ ,  $\Delta G$  durch die Standebene bis zum Standpunkt der Vorderachse; zu den Voraussetzungen gehört eine ausreichende statische Vorderachslast.

Das ist der Grund, warum von einem Schlepper mit Regelhydraulik mitunter mit einem Dreischarpflug besser und mit kleinerem Schlupf gearbeitet werden kann als unter gleichen Bedingungen von demselben Schlepper mit dem entsprechenden Zweischarpflug. Wie wir sahen, wird durch die Übertragung des Pfluggewichtes und der vertikalen Bodenkräfte auf den Schlepper die Hinterachslast so erhöht, daß auch leichte Schlepper mit Regelhydraulik allen vorkommenden Ansprüchen an Zugkraft gewachsen sind. Es muß aber darauf geachtet werden, die Vorderachse nicht unnötig zu entlasten. Deswegen ist es zweckmäßig, schwere Pflüge für Regelhydraulik möglichst kurz zu bauen, so daß der Schwerpunkt nahe an der Hinterachse liegt. Dies ist auch für den Regelvorgang beim Schälen mit schweren Pflügen günstig.

\*) Abmessungen der Anlenkungspunkte siehe Fußnote 3 in Tafel 3

Bild 5: Kräfte am Pflug (—►), am System (Schlepper + Pflug) und am Schlepper (—►) bei Freiganghydraulik in Beharrung, ohne Achslastübertragung



**Achslasten bei Freiganghydraulik**

Betrachten wir nun die Wirkung einer Sohlenkraft  $S$  — welche ja für die selbsttätige Tiefenregelung eines Pfluges an einer Freiganghydraulik erforderlich ist — auf die Achslasten des Schleppers:

In Bild 5 sind für dieselben Arbeitsbedingungen wie für die Regelhydraulik wieder mit den Methoden von Bild 1 und 4 die Sohlenkraft  $S$ , die Summe  $X$  der auf das System übernommenen Vertikalkräfte und die zusätzliche Hinterachslast  $\Delta B$  ermittelt. Schlepper und Pflug sind dieselben wie in Bild 4, sie wurden durch geringfügige konstruktive Änderungen, insbesondere hinsichtlich der Lage der Anlenkpunkte an Schlepper und Pflug, sowie durch Anbringen einer Schleifsohle den Erfordernissen der Freiganghydraulik angepaßt<sup>6)</sup>.

Die zusätzliche Hinterachslast  $\Delta B$  ist bei der Freiganghydraulik auf 492 kp gesunken (Tafel 1), der Zugwiderstand durch die Sohlenreibung gestiegen; das erforderliche  $\alpha$  ist auf 0,78 gestiegen.  $\alpha = 0,78$  ist ein Wert, der im allgemeinen nur mit einem unzumutbaren Schlupf zum mindesten des Landrades erreichbar ist: Wir werden also bei der Freiganghydraulik entweder auf das dreischarige Arbeiten verzichten müssen, oder wir müssen durch Ballast am Schlepper etwa 400 kp Hinterachslast gewinnen. Schwerere Pflüge, zum Beispiel Drehpflüge, bringen bei der Freiganghydraulik nur dann nennenswert höhere Hinterachslasten, wenn die Koppelhöhe heraufgesetzt wird, weil andernfalls das Mehr-Gewicht größtenteils von der Sohle getragen wird und nicht vom Schlepper. Bei der Regelhydraulik wird das Mehrgewicht des Pfluges unabhängig von der Koppelhöhe voll auf den Schlepper übernommen.

**„Achslasterhöhung“**

Wir haben bisher nur von der Regelhydraulik in Zugkraftkontrolle einerseits und von der Freiganghydraulik andererseits gesprochen. Die meisten Schlepper der letzten Jahre sind aber bereits mit einer Vorrichtung zur Achslasterhöhung ausgerüstet. Wie steht es bei diesen mit dem Gewinn  $\Delta B$  an Hinterachslast durch den Pflug? Bei Achslastübertragung wird durch ein vom Schlepper auf den Pflug ausgeübtes linksdrehendes Moment  $M_i$  (Bild 1) die Sohlenkraft  $S$  verkleinert.  $S$  darf aber, wie wir sahen, nie Null werden. Es hängt vom Gewicht des Gerätes und der durch die zulässige Erwärmung gegebene Grenze für den Oeldruck sowie von der Geschicklichkeit des Fahrers ab, wie weit die Sohlenkraft vermindert werden kann.

**Tiefensteuerung bei Freiganghydraulik mit Achslasterhöhung**

Der Schlepperfahrer kann zwar die Sohlenkraft durch die Einstellung einer Drossel im Ölkreislauf regeln oder auch durch Verändern der Vorspannung einer am Pflug angreifenden Feder. Er kann aber bei Änderung des Bodenzustandes und damit der



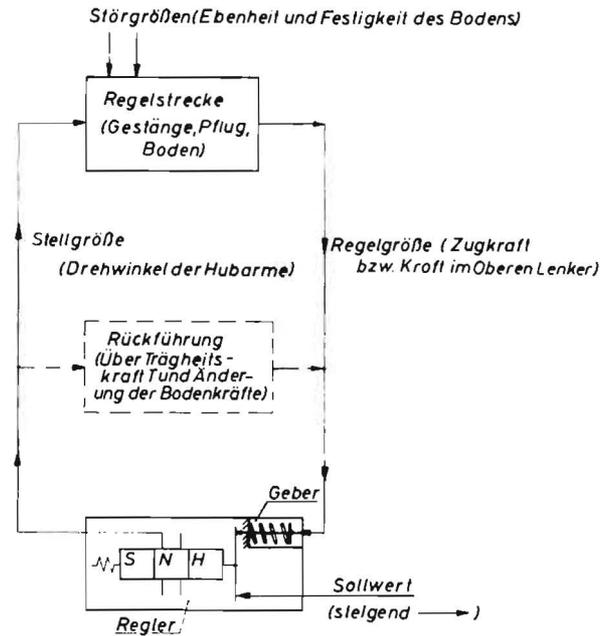
**Tafel 2: Änderung der Kräfte in den Hubstangen und im oberen Lenker, der Hinterachslast und des erforderlichen Zugkraftbeiwertes durch einen Senkvorgang bei Regelhydraulik**

	Regelhydraulik in Neutralstellung	Regelhydraulik beim Senkvorgang (angenommenes Beispiel)
Kraft in den Hubstangen $H$ [kp]	1330	1130
Kraft im oberen Lenker $OL$ [kp]	92 Zug	24 Druck
Längskraft des Pfluges $Z'$ [kp]	990	962
Rollwiderstand der Vorderräder [kp]	90	90
Erforderliche Nutz-Umfangskraft der Hinterräder $U_N$ [kp]	1080	1052
Statische Hinterachslast (ohne Pflug) $B_s$ [kp]	995	995
Gewinn an Hinterachslast beim Pflügen $\Delta B$ [kp]	1084	947
Betriebs hinterachslast $B_b$ [kp]	2079	1942
Erforderlicher „Zugkraftbeiwert“ $\kappa$ [1]	0,52	0,54

außer  $H$  die D'ALLEMBERTSche Trägheitskraft  $T$  am Pflug und die Verkleinerung der Vertikalkraft von  $V$  auf  $V''$  an den Körpern (Bild 7) infolge des verkleinerten wirksamen Schnittwinkels  $\delta_1$  (Bild 8). Die beiden letzten Kräfte bewirken eine nur geringe Verkleinerung der Hinterachslast  $\Delta B$  (Bild 6), welche einen geringfügig höheren Zugkraftbeiwert  $\kappa$  erfordert (Tafel 2).

Es ergibt sich aber im Bild 6 aus den im Gleichgewicht befindlichen Kräften  $V''$ ,  $H''$ ,  $T$ ,  $L'$  bereits eine so erhebliche Änderung der Kraft  $OL$  im oberen Lenker, daß das Steuergerät den Senkvorgang bereits unterbrochen haben würde, bevor die Kräfte die angenommenen Größen beziehungsweise Veränderungen erreichten. Das Dreipunktgestänge mit der Masse des Pfluges und der Abhängigkeit der Größen der Kräfte  $V$  und  $L$  von der Richtung der Bewegung der Schare relativ zur Richtlinie hat also die Wirkung einer Rückführung im Sinne der Regeltechnik [5]; diese Rückführung bewirkt, daß der Senkvorgang früher beendet wird beziehungsweise langsamer erfolgt, als dies ohne Rückführung der Fall wäre (Bild 9). Übrigens wirkt bei einer Mischkontrolle der Anteil der "Position-Control" ebenfalls als Rückführung.

Beim Einleiten eines Regelvorganges im Sinne des Hebens gelten obige Überlegungen mit umgekehrtem Vorzeichen und in ver-

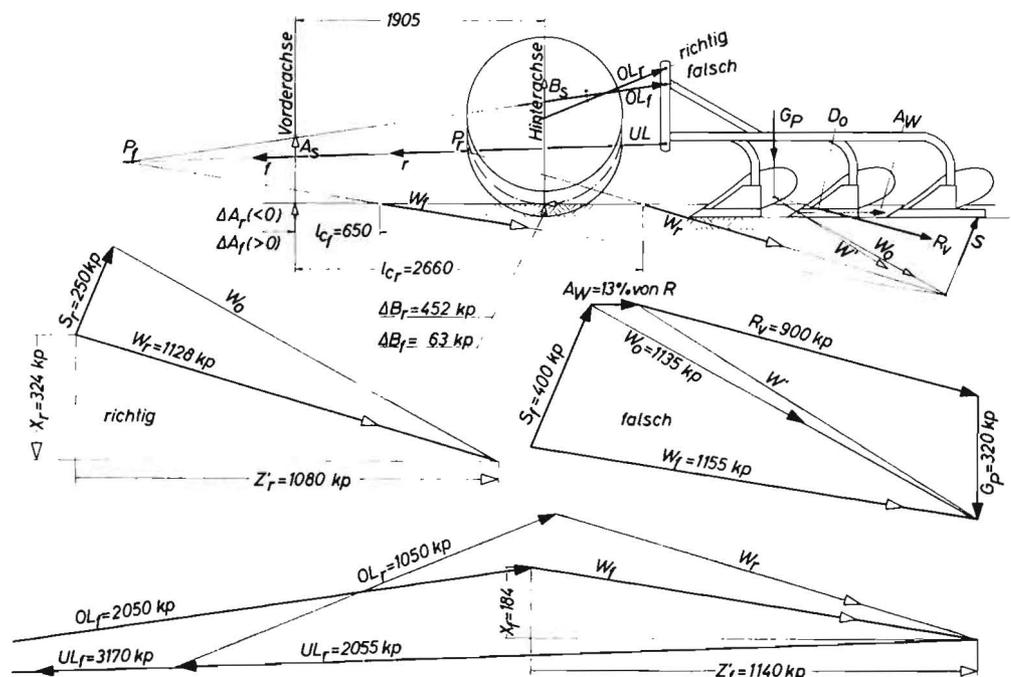


**Bild 9: Die rückführende Wirkung der Trägheitskraft  $T$  und der Änderung der Bodenkräfte (Bild 6) während einer Änderung der Stellgröße, die ihrerseits durch Änderung einer Störgröße veranlaßt wurde**

stärktem Maße, da Vertikalgeschwindigkeit, Beschleunigungen und Kräfte beziehungsweise Kraftänderungen größer sind als beim Senken und bei den meisten Kraftheberbauarten durch Sprungschalter schnell eingeleitet werden; allerdings werden die Kraftänderungen durch die Nachgiebigkeit der Reifen, der Federung und des Bodens verringert.

### Das Einsetzen des Pfluges bei Regelhydraulik

Beim Einsetzen am Anfang jeder Furche arbeitet der Pflug an Schlepper und Gestänge ähnlich wie an einer Freiganghydraulik; statt einer vertikalen Sohlenkraft „führen“ den Pflug Vertikalkräfte unter den Anlagen und die vertikalen Scharkräfte, deren Größe von der Bewegungsrichtung des Schares im Boden abhängt. Der Vertikalanteil  $V$  von  $R_v$  und damit die Achslasterhöhung  $B$  werden anfangs recht klein sein, doch ist dann die erforderliche Zugkraft ebenfalls klein. Bei Annäherung an die gewollte Tiefe verlangsamt das sich schließende Senkventil das Senken, vergrößert den wirksamen Schnittwinkel und damit



**Bild 10: Arbeiten eines Schleppers mit Regelhydraulik im Freigang bei richtiger und falscher Koppelhöhe am Pflug**

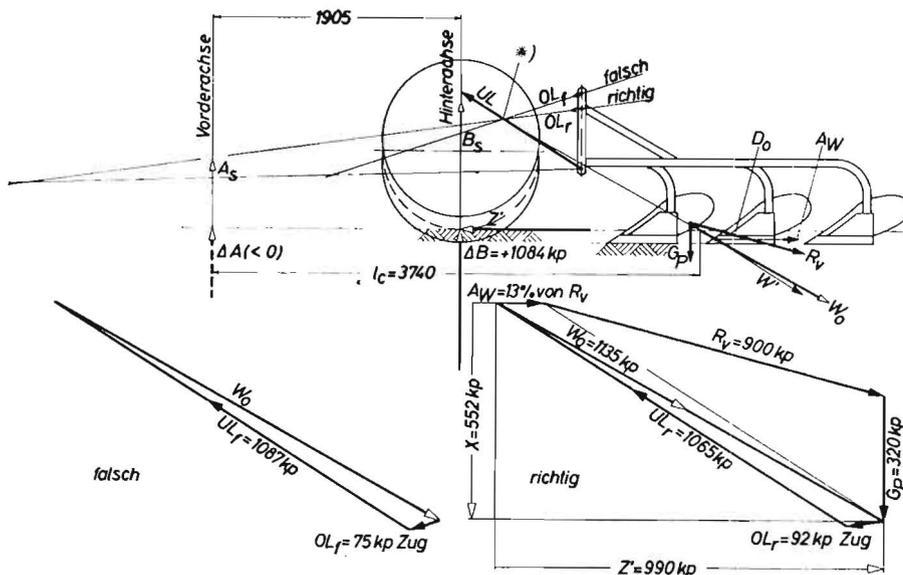


Bild 11: Regelhydraulik mit richtigem Gelenkviereck (Index  $r$ ) und mit der Koppelhöhe für Freiganghydraulik (Index  $f$ )

Der Gewinn an Achslast ist exakt der gleiche

\*) Kraft  $W_0$  schneidet im dargestellten Beispiel den Oberen Lenker 13 bis 14 mm hinter dem Angriffspunkt am Geber

Tafel 3: Änderung der Kräfte in den Lenkern, der Hinterachslast und des erforderlichen Zugkraftbeiwertes durch verändertes Koppelmaß am Pflug bei Regelhydraulik und Freiganghydraulik

	Regelhydraulik <sup>1)</sup>		Freiganghydraulik	Arbeiten im Freigang mit Regelhydraulik-Schlepper und Freigangpflug		
	Koppelhöhe des Pfluges					
	normal <sup>2)</sup> (460mm)	zu hoch (580mm)		normal <sup>3)</sup> (580mm)	zu niedrig (460mm)	richtig (580mm)
Index auf Bild	$r$ 4	$f$ 11	5	$f$ 10	$r$ 10	
Kraft im oberen Lenker $OL$ [kp]	92	75	995	2050	1050	
	Zug	Zug	Druck	Druck	Druck	
Kraft im unteren Lenker, am Pflug $UL$ [kp]	1065	1087	1970	3170	2055	
			Zug	Zug	Zug	
Erforderliche Nutz-Umfangskraft der Hinterräder $[U_v]$ [kp]	1080	1080	1165	1230	1170	
Statische Hinterachslast $B_s$ [kp]	995	995	995	995	995	
Gewinn an Hinterachslast $\Delta B$ [kp]	1084	1084	492	63	452	
Betriebs-Hinterachslast $B_b$ [kp]	2079	2079	1487	1058	1447	
Erforderlicher Zugkraftbeiwert $\kappa$ [1]	0,52	0,52	0,78	1,16	0,81	

<sup>1)</sup> In Neutralstellung

<sup>2)</sup> Die Maße am Pflug entsprechen mit 460 mm dem internationalen Standard. Danach wurde mit der richtigen Konvergenz der Lenker die „Gestellhöhe am Schlepper“, verstellbar von 363 mm . . . 437 mm, festgelegt

<sup>3)</sup> Die Maße am Schlepper („Gestellmaße“) entsprechen der deutschen Norm DIN 9674. Maße und Gewichte des Pfluges entsprechen einem sehr verbreiteten, gut arbeitenden deutschen Beetpflug für Freiganghydraulik

die Vertikalkraft  $V$ , bringt eine aufwärts gerichtete Beschleunigung der Pflugmasse und vergrößert durch diese Einflüsse die Hinterachslast.

Würde bei voller Tiefe die Kraft in den Hubstangen  $H$  plötzlich Null (ehemalige Überlastsicherung eines Schleppers), so liefe der Pflug als schlechter Freigangpflug (mit ungünstiger Konvergenz der Lenker, fernem Pol und nach vorn gerückter Stützkraft — unter den Scharen statt unter einer Sohle): Der Schlepper verliert einen großen Teil seiner Hinterachslast, das notwendige  $\kappa$  wird so groß, daß die Räder durchdrehen und der Schlepper zum Stillstand kommt.

### Falsche Konvergenz der Lenker

Natürlich kann man jeden mit Regelhydraulik ausgerüsteten Schlepper bei Einstellung auf maximale Zugkraft (beziehungsweise größte Tiefe) in Schwimmstellung, also im Freigang fahren, wenn man an dem Pflug Sohle oder Stützrad anbringt. Man muß aber

dabei das Koppelmaß des Pfluges erheblich heraufsetzen; anderenfalls ergibt sich eine derart kleine Hinterachslast, daß damit nicht gearbeitet werden kann (Bild 10). Gleichzeitig steigen die Kräfte im Dreipunktgestänge enorm an (Tafel 3).

Dagegen macht es bei Regelhydraulik für die Achslasten gar nichts und für die Größe der Kraft im oberen Lenker, welche die Regelung bewirkt, wenig aus, wenn bei Regelhydraulik die Koppelhöhe des Pfluges zu groß ist (Bild 11), doch macht sich nun der Nachteil stark konvergenter Gestänge bemerkbar, daß man bei jeder Änderung der Soll-Tiefe außer dem Sollwerthebel der Regelhydraulik zusätzlich laufend den oberen Lenker verstellen muß. Hinzu kommt erfahrungsgemäß bei starker Konvergenz der Lenker in der Vertikalebene eine merkliche Unruhe des Pfluges (eine Art Unstabilität um die Hochachse), deren Ursache mit den Mitteln der Mechanik noch nicht untersucht wurde; es müßte auch geklärt werden, warum diese bei Freigangpflügen bei gleicher Konvergenz nicht beobachtet wird, wahrscheinlich liegt es an deren langer großer Schleifsohle und großer Sohlenkraft.

### Zusammenfassung

Die Regelhydraulik ist wichtig beim Arbeiten mit Pflügen und anderen Zugkraft-intensiven Schlepper-Geräten. Sie ersetzt die bisherige, auf einer Sohlenkraft oder Stützradkraft beruhende Selbstführung der Geräte. Da die Geräte bei der Regelhydraulik vollkommen vom Schlepper getragen werden, ist es möglich, die volle Gewichtskraft und den vollen Vertikalanteil der Bodenkraft der Geräte auf dem Schlepper abzustützen und so dessen Zugfähigkeit zu steigern. Dies gilt auch während der Regelvorgänge, also des Hebens und Senkens der Geräte.

Einstellen und laufende Korrektur der Arbeitstiefe werden durch die Regelhydraulik gegenüber der Freiganghydraulik mit und ohne Achslastübertragung sehr erleichtert. Die Regelung und die Übertragung der Vertikalkräfte vom Gerät auf den Schlepper sind bei der Regelhydraulik kaum abhängig von der richtigen Anordnung und Einstellung der Lenker des Dreipunktgestänges, im Gegensatz zur Freiganghydraulik.

### Schrifttum

- [1] SKALWEIT, H.: Kräfte zwischen Schlepper und Arbeitsgerät. In: 9. Konstrukteurheft, VDI-Verlag, Düsseldorf 1951. (Grundlagen der Landtechnik, Heft 2), S. 25—36
- [2] RAIN, K.: Anwendung des Gelenkvierecks bei der Konstruktion des Ackerschleppers. (VDI-Tagungsheft 1), S. 127—134. VDI-Verlag, Düsseldorf 1953
- [3] KOENIG, W.: Statische Beanspruchung des Ackerschleppers durch Frontlader. In: 19. Konstrukteurheft, 1. Teil, VDI-Verlag, Düsseldorf 1962. (Grundlagen der Landtechnik, Heft 14), S. 51—57
- [4] GETZLAFF, G.: Änderung der Kräfte bei Drehung der Pflügekörper aus der Normallage. In: 10. Konstrukteurheft, VDI-Verlag, Düsseldorf 1952. (Grundlagen der Landtechnik, Heft 3), S. 71—74
- [5] SAMAL, E.: Grundriß der praktischen Regelungstechnik. Verlag Oldenbourg, München 1962

## Résumé

Walter Koenig: "What is Control Hydraulics and what it used for?"

Control hydraulics is important for ploughing and other operations with tractor-drawn equipment requiring much tractive power. It replaces the hitherto self-control of the implements based on the force in the bottom or at the supporting wheel. Since with control hydraulics the implements are carried by the tractor alone, all the weight and percentage of the vertical forces exercised by the soil on the implements can be supported on the tractor. Thus the tractive effort of the tractor can be increased. This applies also to the control processes, i. e. during the lifting and lowering of the implements.

The setting and constant correction of the working depth are essentially facilitated by control hydraulics as compared with floating hydraulics with and without axle load transmission. The control and transmission of the vertical forces from the implement to the tractor are scarcely dependent on the correct arrangement and setting of the guiding-rod of the three-point suspension, in opposition to the floating hydraulics.

Walter Koenig: «Les caractéristiques et le rôle du relevage asservi.»

Le relevage asservi est recommandé quand on travaille avec les charrues et d'autres outils exigeant un grand effort de traction. Il remplace l'auto-guidage des outils, utilisé jusqu'ici reposant sur une force de talonnage ou la force d'une roue de support. En utilisant le relevage asservi, les outils sont portés entièrement par le tracteur et il est possible de reporter le poids total et les forces verticales de l'effort

résistant de l'outil sur le tracteur, et d'accroître ainsi sa capacité de traction, même pendant les manoeuvres de levée et de descente des outils.

Le réglage et la correction continue de la profondeur de travail sont facilités considérablement par l'emploi d'un relevage asservi par rapport à un relevage non asservi fonctionnant avec ou sans report du poids sur le pont arrière. De plus, le réglage et la transmission des forces verticales de l'outil au tracteur sont à peu près indépendants de la disposition et du réglage correct des bras de l'attelage trois points au contraire d'un relevage non asservi.

Walter Koenig: «¿Que es la hidráulica de regulación y para qué se emplea?»

La hidráulica de regulación tiene su importancia en el trabajo con arados y con otras máquinas remolcadas con esfuerzo de tracción intenso. Sustituye a la autoconducción por rueda de apoyo u por fuerza adhesiva, empleada hasta ahora. Como en la hidráulica de regulación los aperos descansan enteramente en el tractor, es posible cargar todo el esfuerzo que da el peso y toda la componente vertical del esfuerzo que ejerce el terreno, en el tractor, aumentando así su esfuerzo de tracción. Esto rige también durante la misma regulación, o sea mientras los aperos suban o bajen.

El ajuste de la profundidad de trabajo y su reajuste se facilitan por la hidráulica de regulación, en comparación con la hidráulica de marcha libre, con o sin transmisión de la carga sobre el eje. La regulación y la transmisión de los esfuerzos verticales de los aperos al tractor dependen en la hidráulica de regulación muy poco de la disposición y del ajuste acertado de las guías de la suspensión en tres puntos en contraposición a la hidráulica de marcha libre.

Peter-Nils Evers:

## Untersuchungen zur Längsverteilung von Rübensamen in der Saattrinne bei Einzelkornsaat

Institut für Landtechnik, Bonn

Durch die Aussaat von segmentiertem Monogerm-Saatgut mit Einzelkorn-Säegeräten verringert sich der Arbeitsaufwand für das Vereinzeln gegenüber gedrillten Normalsaat-Beständen um nahezu 50%, da die Rübenpflänzchen aufgelockert in der Reihe stehen und in aufrechter Haltung mit der langstieligen Hacke vereinzelt werden können [1]. Eine weitere Arbeitserleichterung und -beschleunigung ist dann zu erwarten, wenn die Pflanzen nicht nur aufgelockert, sondern in vollkommen regelmäßigen Abständen aufzulaufen. Das setzt voraus, daß die Knäule bei der Aussaat exakt im eingestellten Sollabstand von den Einzelkorn-Säegeräten abgelegt werden. Die Aufgansverteilung der mit handelsüblichen Einzelkorn-Säegeräten gesäten Rüben zeigt jedoch in der Regel, daß eine derart präzise Ablage noch nicht erreicht wird.

Eine unregelmäßige Längsverteilung der Knäule in der Saattrinne wird durch Störungen in der Knäulefolge vor der Anlieferung am Boden und durch Roll- und Prallbewegungen nach der Anlieferung hervorgerufen. Diese Störungen vor und nach der Anlieferung wurden getrennt voneinander untersucht, um die zur Erzielung einer regelmäßigen Längsverteilung erforderlichen technischen Maßnahmen aus den Untersuchungsergebnissen herleiten zu können [2]. Hierbei konnte aufgrund früherer Untersuchungen eine einwandfreie Zellenfüllung vorausgesetzt werden [3; 4], so daß die Untersuchungen in erster Linie auf die Störungen gerichtet wurden, die bei und nach der Zellenentleerung in der Knäulefolge auftreten.

### Vorversuche am Versuchsgerät

Das als Versuchsgerät dienende handelsübliche Einzelkorn-Säegerät sollte die Knäule in sehr regelmäßiger Folge auswerfen, damit die nach der Zellenentleerung in der Knäulefolge entstehenden Störungen von dem Einfluß eines unsauber arbeitenden Verteilorgans meßtechnisch isoliert werden konnten. Da das Gleichmaß der Auswurffolge in erster Linie von der Zellenfolge an der Auswurfvorrichtung bestimmt wird, galt es zunächst, diese Zellenfolge am Versuchsgerät mit einer geeigneten Meßeinrichtung zu prüfen. Hierfür wurde ein Meßgerät entwickelt, das seitlich am Versuchsgerät befestigt war und mit dessen Hilfe die Aufeinanderfolge der Zellen durch mechanisches Abtasten auf einen

Papierstreifen markiert werden konnte (Bild 1). Da der Registrierstreifen an seinem Ende am Boden befestigt war und mit dem Vorschub des Säegerätes abgespült wurde, sollten die Markierungen der Zellenfolge in dem am Säegerät eingestellten Sollabstand der Knäule erscheinen. Durch Ausmessen der Markierungen konnte die Regelmäßigkeit der Zellenfolge geprüft werden.

Bei diesen Prüfungen zeigte sich, daß die Zellenfolge unregelmäßig verlief, da die geräteeigenen Bodenantriebsräder wegen ungenügender Bodenverzahnung einen ungleichmäßigen Schlupf aufwiesen. Aus diesem Grunde wurde das Versuchsgerät statt von seinen Stützrädern von einem Schlepperhinterrad angetrieben, bei dem mit einem gleichmäßigen Schlupf gerechnet werden konnte (Bild 2). Die Prüfung der Zellenfolge ergab, daß durch diese Veränderung des Antriebes eine nahezu vollkommen regelmäßige Aufeinanderfolge der Zellen an der Auswurfvorrichtung erreicht wurde.

In Tafel 1 ist der Anteil der auf den Registrierstreifen im Sollabstand gefundenen Markierungen für steigende Fahrgeschwindigkeiten des Säegerätes aufgeführt. Hierbei wurde, wie auch bei

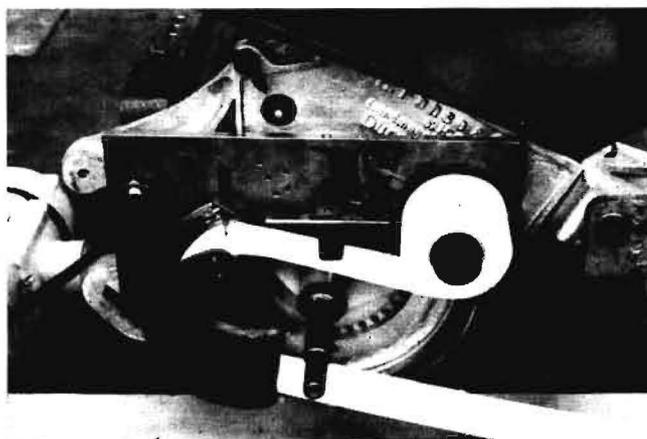


Bild 1: Meßgerät zur Registrierung der Zellenfolge