

ÖLHYDRAULISCHE KRAFTHEBER FÜR DEN ACKERSCHLEPPER

Von Artur Seifert

Für die Ausrüstung der Ackerschlepper gibt es in Deutschland verschiedene Krafthebersysteme [2, 3]. Der mechanische Kraftheber ist das älteste System und taucht neuerdings bei verschiedenen Schleppern mit zum Teil guten und originellen Konstruktionen wieder auf. Der elektrische Kraftheber ist in seinen Anfängen stecken geblieben. Für dieses System sind jedoch neue Entwicklungsmöglichkeiten gegeben, wenn es gelingt, den Arbeitsbedarf des Krafthebers herabzusetzen, zumal im Hauptstrommotor ein idealer Motor zur Verfügung steht und alle Steuervorgänge ohne Schwierigkeiten elektrisch beherrscht werden können. Der pneumatische

nachstehenden Ausführungen sich vorwiegend mit den Problemen dieses Krafthebersystems befassen werden.

Seit der KTL-Tagung in Rothenburg im Jahre 1947 hat die Diskussion über die Forderungen an den Kraftheber, die von Seiten der Geräteindustrie, der Schlepperindustrie oder der Wissenschaft aufgestellt worden sind, nicht aufgehört [4], und man kann nicht behaupten, dass sowohl über den Umfang als auch die Notwendigkeit der einzelnen Forderungen bis heute eine einheitliche Auffassung erzielt worden ist. Es ist daher begreiflich, wenn von Seiten der Krafthe-

Bild 1. Forderungen an Kraftheber.

	Nr.	Art der Forderung	bei einfachen Konstruktionen	bei aufwendigen Konstruktionen
Funktion	1	Heben mit Kraft	ja	ja
	2	Senken mit Kraft	nein	ja
	3	Hubzeit	1,5-2 s 10 s f. Lader	1,5-2 s 10 s f. Lader
	4	Dauerdruck auf Lasthebel (Gerät)	nein	erwünscht
Betätigung	5	ein Bedienhebel für Heben und Senken	ja	ja
	6	Zwischenstellungen	nach Sicht oder durch Anschlag am Gerät bzw. Arbeitszylinder	durch Vorwählung am Steuergehäuse
	7	korrespondierende Stellung von Bedienhebel und Lasthebel	nein	ja
	8	korrespondierende Geschwindigkeit von Bedienhebel und Lasthebel	nein	erwünscht
Antrieb der Ölpumpe	9	auch bei Stillstand des Schleppers	ja	ja
	10	unabhängig von Zapfwellenkupplung	erwünscht	ja
	11	unabhängig von Fahrkupplung	nein	erwünscht
	12	Freihaltung des Zapfwellenendes	erwünscht	ja
Betrieb	13	Unfallschutz in Transportstellung	automatisch oder von Hand	automatisch
	14	Unempfindlichkeit gegen Staub, Temperatur und Feuchtigkeit	ja	ja
	15	Überlastungsschutz	ja	ja

Kraftheber ist in seinem Arbeitsvermögen durch den niedrigen Arbeitsdruck der Luft von etwa 5 – 6 atü begrenzt, daher müssen mehrere Arbeitszylinder gewählt werden (*Unimog*), wenn nicht ein grosser Arbeitszylinder im Rumpf des Schleppers untergebracht werden kann (*Normag*). Der ölhdraulische Kraftheber [1] wird von einer Reihe von Firmen in den verschiedensten Ausführungen gebaut. Er steht heute im Vordergrund des Interesses, weshalb die

berfirmen immer wieder der Wunsch geäussert wird, klare Forderungen aufzustellen und sich auf das unbedingt Notwendige zu beschränken.

Einige namhafte deutsche Firmen haben nach dem Kriege den Bau von Krafthebern aufgenommen. Soweit diese Firmen nicht auch Schlepper bauten, wie z.B. *Lanz*, waren sie mit den Forderungen an den Kraftheber naturgemäss nicht so vertraut und mehr

oder weniger auf die Angaben ihrer Auftraggeber angewiesen. Statt mit den einfachsten Konstruktionen zu beginnen, wurde versucht, alle aufgestellten Forderungen nach Möglichkeit zu erfüllen. Es ist daher nicht verwunderlich, wenn komplizierte Konstruktionen mit grossem Aufwand und damit auch hohen Herstellungskosten entstanden. Inzwischen ist man jedoch zu der Ansicht gelangt, dass man auch mit einfacheren und billigeren Konstruktionen auskommt. In Bild 1 sind die einzelnen Forderungen kritisch zusammengestellt, wobei unterteilt wird in einfache und aufwendige Konstruktionen.

Im folgenden wird dazu Stellung genommen, wie weit beim hydraulischen Kraftheber diese Forderungen (Bild 1) erfüllt sind und welche konstruktiven Mittel dazu aufgewendet werden müssen. Der Reihe nach werden behandelt: Ölpumpen, Hydrauliköl, Steuerung des Ölkreislaufs, Steuerungs-Systeme zum Heben und Senken, Normungsfragen, Dichtungen für Arbeitszylinder und Arbeitsvermögen der hydraulischen Kraftheber.

A. Die Ölpumpen

Zur Erzeugung des Drucköles werden als Energiequelle heute folgende Pumpenbauarten verwendet: Zahnradpumpen, Flügelpumpen und Kolbenpumpen [5].

Der Arbeitsdruck in kg/cm^2 oder atü , die Fördermenge in l/min . und der Wirkungsgrad sind die wichtigsten Kenndaten für die Beurteilung der Pumpen. Durch den Arbeitsdruck ist bei einer bestimmten, geforderten Kolbenkraft der Durchmesser des Arbeitszylinders festgelegt. Die Hubzeit bestimmt die Menge Öl, welche bei diesem Arbeitsdruck gefördert wird. Der Pumpenwirkungsgrad setzt sich aus volumetrischem und mechanischem Wirkungsgrad zusammen.

Aus Arbeitsdruck p und Fördermenge Q lässt sich die Leistung der Pumpe in kgm/s bestimmen. Eine Pumpe mit einer Förderleistung von 10 l/min und 100 kg/cm^2 Arbeitsdruck hat eine Leistung $N = Q \cdot p = 165 \text{ kgm/s}$, d.h. bei einer (geforderten) Hubzeit von 2 Sekunden können also höchstens 330 kgm im Arbeitszylinder aufgebracht werden, unabhängig vom Durchmesser des Arbeitszylinders.

Umgekehrt kann aus der zu leistenden Hubarbeit und der Leistung der Pumpe festgestellt werden, ob die Hubzeit ausreichend ist. Das ist wichtig für die Nachrechnung einer Pumpe, ob sie auch mit ihrer Fördermenge für die Betätigung eines Laders oder Kippers ausreicht. Nehmen wir z.B. an, dass ein Lader ein Gewicht von 750 kg 2 m hoch heben soll, so ist ohne Berücksichtigung der Verluste bei der obigen Pumpe die Hubzeit

$$t = \frac{\text{äuss. Hubarbeit}}{\text{Pumpenleistung}} = \frac{2 \cdot 750}{165} = 9 \text{ s [6].}$$

Ist diese Zeitdauer zu gross, so muss die Leistung der Pumpe durch Änderung der Abmessungen oder der Drehzahl erhöht werden.

Bei einer Nachrechnung verschiedener deutscher Pumpen kommt man auf folgende Leistungen:

Kienzle	140–180 kgm/s
Pentax (Stockey & Schmitz)	165 "
Teves	200 "
Kienzle	300 "
Reichert	160–320 "
Printz	bis 580 "

Für eine Hubzeit von beispielsweise 2 Sekunden ergeben sich daraus für das indizierte Arbeitsvermögen des Arbeitszylinders Werte von 280 bis 1160 kgm .

Ausser einer ausreichenden Förderleistung sind an eine Ölpumpe nun noch folgende wichtige Forderungen zu stellen:

- bei gleicher Antriebsdrehzahl geringe Abhängigkeit der Fördermenge vom Öldruck, damit leichte Anbaugeräte nicht zu schnell gehoben werden,
- möglichst geringe Abhängigkeit der Fördermenge von der Viskosität des Öles,
- stossfreie Förderung des Öles,
- Aufrechterhaltung eines günstigen volumetrischen Wirkungsgrades über eine lange Betriebszeit,
- geringer Leistungsbedarf im Leerlauf; Pumpe soll möglichst abschaltbar sein, wenn der Kraftheber nicht gebraucht wird,
- Betriebssicherheit bei allen vorkommenden Betriebsverhältnissen.

Aus den zur Verfügung stehenden amerikanischen Unterlagen über verschiedene Pumpenkonstruktionen sind die Kenndaten in den Tafeln I – III herausgezogen worden.

1. Zahnradpumpen werden bei amerikanischen Schleppern am häufigsten verwendet. Die Arbeitsdrücke liegen zwischen 50 und 105 atü , die grosse Mehrzahl arbeitet mit 70 atü (Tafel I). Der in einem Fall angegebene Arbeitsdruck von 140 atü ist für

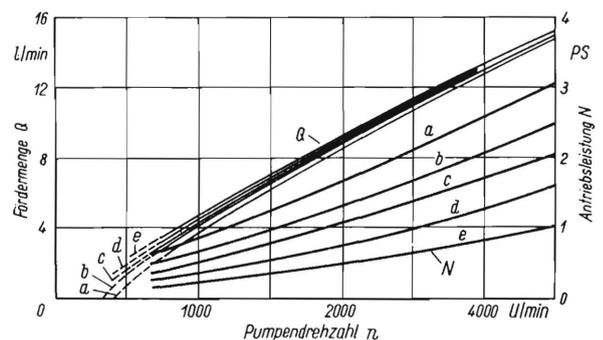


Bild 2. Kennlinien einer amerikanischen Zahnradpumpe
Öldruck p : a = 70 kg/cm^2 , b = 56 kg/cm^2 , c = 42 kg/cm^2
d = 28 kg/cm^2 , e = 14 kg/cm^2 .

Schlepperzahnradpumpen als ausserordentlich hoch zu bezeichnen, wird jedoch für Laderpumpen angewandt. Die angegebenen volumetrischen Wirkungsgrade liegen zwischen 60 und 90 %. Der volumetrische Wirkungsgrad hängt weniger von der Bearbeitung der

Tafel I. Kenndaten amerikanischer Zahnradpumpen für hydraulische Kraftheber an Schleppern
(nach Angaben von Pumpenherstellern [7] und anderen Quellen)

Hersteller	Modell	Öldruck p kg/cm ²	Drehzahl		Fördermenge		Ölbehälter Inhalt l
			ⁿ min U/min	ⁿ max U/min	Q l/min	für n U/min	
Adel	18318	70	—	2500	9,35	1500	2,8
Freeman	Energy	140	500	1800	37,8	1800	9,8
Freeman	Power-Pac	84	250	750	37,8	500	—
Twin-Dravlik	Twin Valve	70	10	850	—	—	9,4
Char Lynn	Hi-Lo-Pac	70	250	750	37,8	500	9,4
Pesco	051004-010	84	600	1900	5,38	—	1,8
Pesco	051039-010	91	600	1500	29,4	—	7,5
Pesco	051086-010	105	350	700	45,6	—	9,5
Pesco	051063-010	70	—	—	47,6	—	5,6
Be-Ge	650	70	400	1500	180	1045	19,0
Be-Ge	850	70	400	1500	135	1045	19,0
Be-Ge	1000	70	400	1500	105	1045	15,2
Be-Ge	1400	70	400	1500	75	1045	13,8
Century	6000	70	300	600	38,5	600	—
Freeman	Company	70	50	500	51,0	500	—
Hyd. Press Manuf.	3 G	70	1200	1800	11,3	1200	—
„ „ „	5 G	70	600	1200	18,7	1200	—
Kingston	30892	63	300	1000	31,8	1000	5,6
Phillips Drucker	—	84	100	1800	45	1800	11,3
Roper	1430	70	500	1000	12,4	500	8,2
Roper	1440	70	250	500	16,3	500	8,2
Gre-Sen	KSKI	70	200	600	45,0	600	—
Gre-Sen	KIH	70	200	600	68,0	600	—
Hydr. Eqpt. Co	210	70	500	1800	34,0	1200	keinen
Hydr. Eqpt. Co	15125	70	500	1800	22,8	1200	keinen
Hydr. Eqpt. Co	15150	70	500	1800	26,6	1200	keinen
Lull. Manuf.	—	70	—	—	56,5	—	17,0
Phillips Drucker	—	70	—	—	56,5	—	—
Hydro-Power } Cubline }	—	70	—	—	11/22/37/ 56/75/113/ 151/226	—	—
Oliver	—	70	—	—	22,7	1200	—
Case	—	56	—	—	26,5	—	—

Zahnprofile als von den Spaltverlusten zwischen den Zahnrädern und dem Pumpengehäuse ab. Bei Zweiradpumpen macht sich nach längerer Betriebszeit die grosse durch den Öldruck bedingte Lagerbelastung in zunehmendem Lagerspiel und dadurch abnehmendem volumetrischen Wirkungsgrad bemerkbar. Eine wirksame Entlastung ist bei Dreiradpumpen gegeben. Wichtig ist auch eine einwandfreie Abdichtung der Zahnradwellen im Pumpengehäuse.

Bei Zweirad-Pumpen wird man daher den Betriebsdruck nicht zu hoch treiben. Deutsche Zahnradpumpen liegen mit 35 bis 70 atü niedriger als die amerikanischen. Hohe Arbeitsdrücke sind auch aus dem Grund nicht angebracht, da sie zum Erreichen eines guten volumetrischen Wirkungsgrades im all-

gemeinen hohe Drehzahlen erfordern, Bild 2. Die Fördermengen der amerikanischen Zahnradpumpen für Ackerschlepper liegen zwischen 10 und 30 l/min; bei einem durchschnittlichen Arbeitsdruck von 70 atü ergeben sich Pumpenleistungen von 1,5 bis 4,6 PS (115 bis 345 kgm/s). Deutsche Zahnradpumpen fördern 18–30 l/min. Das Gebiet der Zahnradpumpen für landwirtschaftliche Verwendungszwecke ist noch sehr entwicklungsfähig, besonders in Richtung auf eine billige und doch betriebssichere Pumpe.

2. Flügelpumpen eignen sich dort, wo grössere Fördermengen bei verhältnismässig niedrigen Öldrücken gewählt werden (Tafel II). Der volumetrische Wirkungsgrad einer Flügelpumpe mit 30 l/min und

70 atü liegt nach Angaben von *Vickers* (USA) bei 80–85 %, also im Durchschnitt höher als bei Zahnradschleppern. *Vickers* liefert für landwirtschaftliche Schlepper drei Pumpentypen mit 105, 235 und 350 kgm/s. Wegen der grossen gleitenden Flächen muss der Gefahr unzulässiger Ölerrwärmung durch Ölkühlung entgegengewirkt und für sauberes Öl durch Öl- und Luftfilter gesorgt werden.

3. Kolbenpumpen. Die Leckverluste bei Kolbenpumpen (Bild 3) sind erheblich geringer als bei Zahnrad- und Flügelpumpen, womit die sicher zu haltenden Öldrücke höher, bei den amerikanischen Kolbenpumpen bei 100 bis 300 atü, liegen. Die Laufzeit ist besser. Zur Erzeugung eines kontinuierlichen Ölstromes braucht die Kolbenpumpe mehrere Zylinder, mindestens 3 bis 5, wodurch sich die Her-

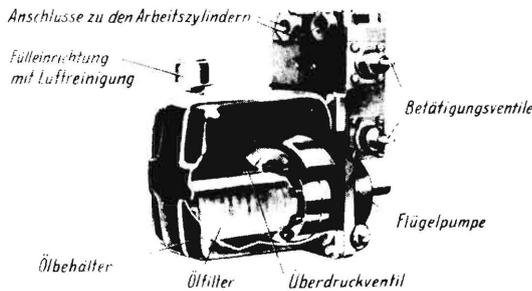


Bild 3. Schnitt durch eine Flügelpumpe (*Vickers*)

stellung verteuert. Die Pumpen sind in Reihen-, Stern- oder Trommelform ausgebildet. Wegen der hohen Öldrücke sind die notwendigen Fördermengen niedrig, sie liegen nach den vorliegenden amerikanischen Unterlagen zwischen 2 und 11 l/min (Tafel III).

Deutsche Kolbenpumpen für Ackerschlepper gehen mit ihrem Arbeitsdruck z.Z. nicht über 150 atü. Der Grund dafür, dass die amerikanischen Pumpen wesentlich höhere Arbeitsdrücke verwenden, liegt wohl darin, dass diese für schwere Anbaugeräte wie Planierschaufeln u.ä. erforderlich sind. Nach den amerikanischen Unterlagen ergeben sich für die in Ackerschlepper eingebauten Kolbenpumpen Förderleistungen von 116 bis 240 kgm/s.

Die mehrzylindrige Kolben-Stern-Pumpe von *Teves* (Bild 4) hat Mengenregelung, welche nach Beendigung der Hubarbeit den hohen Arbeitsdruck und den Ölumlaufrückschaltet. Der Umschaltdruck darf jedoch bei dieser Förderungsregelung nicht zu hoch liegen, damit die Hubgeschwindigkeit bei kleinen Kolbenkräften des Arbeitszylinders, also bei Anbaugeräten mit geringem Gewicht,

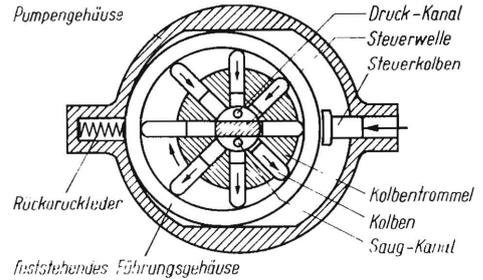


Bild 4. Sternkolbenpumpe von *Teves* (schematisch)

nicht zu gering ist. Die von *Stockey & Schmitz* verwendete Pumpe ist eine 5-Kolben-Axial-Pumpe. Arbeitsdruck 100 atü, 10 l/min bei 1100 U/min. Auch diese Pumpe hat Mengenregelung, wobei nicht wie bei *Teves* der Arbeitsdruck, sondern ein Differenzdruck als Verstellkraft genommen wird. Die Kolbenpumpe von *Kienzle* leistet 7 l/min bei maximal 150 atü.

B. Das Hydraulik-Öl

Der Einfluss des Viskosität-Temperatur-Verlaufes der Hydrauliköle auf den volumetrischen Wirkungsgrad der Pumpe, insbesondere der Zahnradschleppern, wird vielfach unterschätzt. Die Öltemperatur ist durch strömungsgerechte Ausbildung der Leitungen und Steuerorgane so niedrig wie möglich zu halten. Ein unzulässig hohes Ansteigen der Temperatur ist durch einen genügend grossen Ölbehälter zu vermeiden. Bei amerikanischen Krafthebern ist das Volumen der Ölbehälter etwa 1/4 bis 1/6 der minutlichen Fördermenge der Pumpe.

Vom Hydraulik-Öl muss verlangt werden:
gute Schmierfähigkeit für die Pumpe,
möglichst flachen Viskosität-Temperatur-Verlauf,
geringe Schaumbildung bei allen vorkommenden Betriebstemperaturen.

Tafel II. Kenndaten amerikanischer Flügelpumpen für Kraftheber

Hersteller	Modell	Öldruck p kg/cm ²	Drehzahl		Fördermenge		Ölbehälter Inhalt l
			n _{min.} U/min	n _{max.} U/min	Q l/min	für n U/min	
1. <i>Vickers</i>	1	70	600	2250	6	2250	2
2. <i>Vickers</i>	2	70	600	1800	17,3	1800	2
3. <i>Vickers</i>	3	70	600	1600	25,4	1600	2
4. <i>Vickers</i>	4	70	600	1200	37,5	1200	2
5. <i>Vickers</i>	PK1-2100 D	70	—	2500	8,3	1200	—
6. <i>Vickers</i>	PK1-7100 D	70	—	1200	30,0 21,5 9,5	1200	—
7. <i>Ulrich Prod.</i>	<i>Domor</i>	70	600	1200	—	—	13,2

Tafel III. Kenndaten amerikanischer Kolbenpumpen für Kraftheber [7]

Hersteller	Modell	Öldruck p kg/cm ²	Drehzahl		Fördermenge		Ölbehälter Inhalt l	eingebaut in Schlepper
			n _{min.} U/min	n _{max.} U/min	Q l/min	für n U/min		
<i>Ferguson</i>	—	147	146	730	9,0	730	22,8	<i>Ferguson</i>
<i>Ford</i>	—	105-120	145	800	8-11	—	—	<i>Ford</i>
<i>Be-Ge</i>	HPYA 4312	140	—	—	—	—	2,6	versch.
<i>Century</i>	9500	210	400	1100	6,0	1100	6,5	versch.
<i>Kingston</i>	30235	315	500	850	2,9	850	1,4	versch.
<i>Kingston</i>	21715	350	500	850	1,9	850	keinen	versch.
<i>Blackhawk</i>	P 104	280	400	1500	5,2	900	keinen	versch.
<i>Blackhawk</i>	P 127	70	400	1500	5,2	900	keinen	versch.
<i>Blackhawk</i>	P 197	420	—	1800	11,2	1400	keinen	versch.

Normale Motorenöle sind für den Kraftheber dann nicht geeignet, wenn sie zu Schaumbildung neigen. Besonders gilt das für Anlagen mit grossen umgewälzten Ölmengen. Ölergänzung und Ölwechsel nach Vorschriften der Kraftheberfirmen sind genau so wichtig wie beim Schleppermotor. Deshalb müssen klare Bedienungsvorschriften für Kraftheber aufgestellt werden.

Es hat sich herausgestellt, dass die auf dem Markt befindlichen Kraftheber infolge ihrer sehr unterschiedlichen Konstruktion auch bezüglich der Auswahl des Öles unterschiedliche Anforderungen stellen. Dünneflüssige reine Hydrauliköle benötigen genauere Passungen an den Steuerelementen und vor allem eine bessere Oberflächenbeschaffenheit als diejenigen Konstruktionen, die dickflüssigere Öle verwenden.

Ein Einheits-Hydrauliköl wird sich vorerst noch nicht einführen lassen, da je nach Bauart der Ölpumpe und dem angewendeten Steuerungssystem das Hydrauliköl gewählt werden muss. Bei den Versuchen im Institut für Schlepperforschung ist ein Hydrauliköl von 2,5°E/50°C ohne Anstände verwendet worden. Dagegen schreibt *Ferguson* für seinen Kraftheber ein Hydrauliköl mit verhältnismässig hoher Viskosität vor, nämlich SAE 40 mit 12°E bei 50°C, während für den Kraftheber des *Cockshutt*-Schleppers ein Öl nach SAE 10-10W mit 3 bis 4°E bei 50°C verlangt wird.

C. Die Steuerung des Ölkreislaufes

Die Ölpumpe soll nur dann belastet werden, wenn der Kraftheber Arbeit verrichtet, bzw. soll in Ruhestellung des Krafthebers entlastet sein. Um das zu erreichen, gibt es zwei Möglichkeiten:

- a) die ständige Ölförderung,
- b) die unterbrochene Ölförderung.

Bei Krafthebern mit doppeltwirkendem Arbeitszylinder wird vorwiegend die ständige Ölförderung angewendet. Ihr Vorzug liegt in der einfachen Bauweise der Ölpumpe und, wenn das Steuergehäuse getrennt von der Ölpumpe angeordnet ist, in der

schwingungsdämpfenden Wirkung der Steuerorgane auf den Druckölfluss. Eine Temperaturänderung des Hydrauliköles bewirkt jedoch eine Änderung der in den Arbeitszylindern durchtretenden Ölmengen und somit eine Änderung der Hub- bzw. Senkzeiten. Bei der unterbrochenen Ölförderung kann die Saugleitung der Pumpe gesteuert werden oder wie z.B. bei Kolbenpumpen der Kolbenhub verändert werden.

Die saugseitige Steuerung wird vorwiegend bei Kolbenpumpen angewendet, wie z.B. bei *Ford* und *Ferguson*. Man kommt dabei mit druckentlasteten Steuerorganen aus; es muss aber bei angehobener Last die Ölpumpe einen entsprechenden Gegendruck aufbringen, wobei die Gefahr starker Ölerwärmung besteht, wenn dieser Zustand längere Zeit andauert.

Für die Beschleunigung und Verzögerung des Hubvorganges ist die Ausführung der Steuerorgane entscheidend. Als Steuerorgane werden Kugel- oder Kegelventile und zylindrische Schieber verwendet. Letztere sind in Bezug auf Druckentlastung und Feinsteuerung den Kugel- und Kegelventilen überlegen, vorausgesetzt, dass sie im Betrieb dicht bleiben. Sie sind aber hinsichtlich Verunreinigung des Öles und Verklemmen wesentlich empfindlicher.

D. Handbetätigte Steuerungssysteme für die Hub- und Senkbewegung der Anbaugeräte

Die heute angewendeten handbedienten Steuerungssysteme können in vier Gruppen nach folgenden Gesichtspunkten zusammengefasst werden:

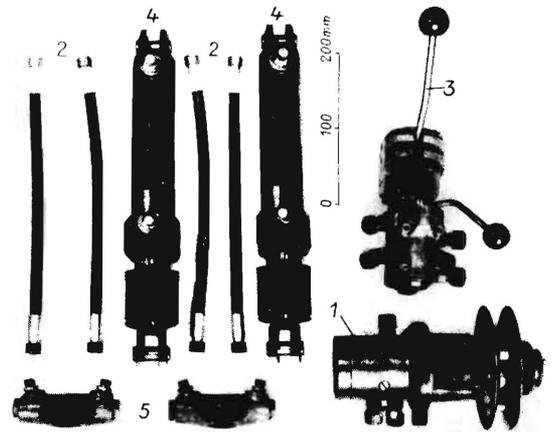
- | | | |
|---|---|-----------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> a) Steuerung nach Sicht (<i>nudging system</i>) b) Steuerung nach Sicht zwischen den Endstellungen (<i>modified nudging system</i>) | } | einfache Ausführung |
| <ol style="list-style-type: none"> c) Steuerung nach gleichem vorgeählten Zugwiderstand (<i>automatic draft control system</i>) d) Steuerung nach gleicher vorgeählter Arbeitstiefe des Gerätes (<i>follow up system</i>) | } | Ausführung mit mehr Aufwand |

1. Steuerung nach Sicht

Bei den Krafthebern nach Sicht befindet sich der vom Schlepperfahrer betätigte Schalthebel (im folgenden mit Bedienhebel bezeichnet), wenn der Kolben des Arbeitszylinders in Ruhe ist, in der neutralen Stellung, d.h. das Öl läuft drucklos. Wird der Bedienhebel aus der neutralen Stellung nach vorne oder nach rückwärts bewegt, so wird das Gerät bis zur jeweiligen durch Anschläge bedingten Endlage gehoben oder gesenkt. Ist diese Stellung erreicht, dann fördert die Pumpe, wenn der Hebel in die neutrale Stellung nicht zurückgenommen wird, über ein Überdruckventil weiter. Der Druckanstieg im Ölkreislauf kann auch dazu benutzt werden, die Steuerorgane so zu beeinflussen, dass der neutrale Ölkreislauf selbsttätig hergestellt wird. Wird der Bedienhebel in die neutrale Stellung zurückgenommen, bevor das Heben oder Senken beendet ist, so bleibt das angehobene Gerät in dieser Lage stehen. Zwischen Stellung des Bedienhebels und Stellung des Kolbens des Arbeitszylinders bzw. Höhen- oder Tiefenstellung des Gerätes gibt es keinerlei direkte Beziehung. Eine Veränderung der Endstellungen bei Heben und Senken des Gerätes kann nur am Gerät selbst, am Lastarm oder durch Begrenzung des Kolbenhubes am Zylinder vorgenommen werden. Dazwischen liegende Einstellungen des Gerätes sind nur nach Sicht des Fahrers möglich.

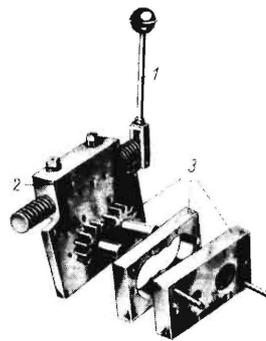
Kraftheber „nach Sicht“ sind einfach im Aufbau und bestehen aus Öldruckpumpe, Steuergehäuse und Arbeitszylinder, der frei angeordnet werden kann. Es macht auch keine konstruktiven Schwierigkeiten, im Steuergehäuse mehrere Steuerschieber unterzubringen, z.B. für die Betätigung von ein, zwei oder mehr einfach- oder doppeltwirkenden Arbeitszylindern.

In letzter Zeit sind auch deutsche Kraftheberfirmen dazu übergegangen, Kraftheber nach der ersten Bauart (a) zu entwickeln. *Kienzle* [10] liefert z.B. jetzt eine Anlage mit 1 oder 2 bzw. 3 freien doppeltwirkenden Arbeitszylindern, getrennter Pumpe und getrennter Kulissenschaltung. Mit dieser können 2 Zylinder (Bild 5) nacheinander oder gleichzeitig betätigt werden. Wenn ein dritter Arbeitszylinder benötigt wird, kann ein zusätzlicher Schalthebel auf das Gehäuse des Kulissenschalters aufgesetzt werden. Auf Wunsch können auch einfachwirkende Arbeitszylinder geliefert werden. Die Arbeitstiefe muss von Hand am Gerät eingestellt werden. Das Arbeitsvermögen eines Zylinders

Bild 5. Kraftheber von *Kienzle*, Isny (Allgäu)

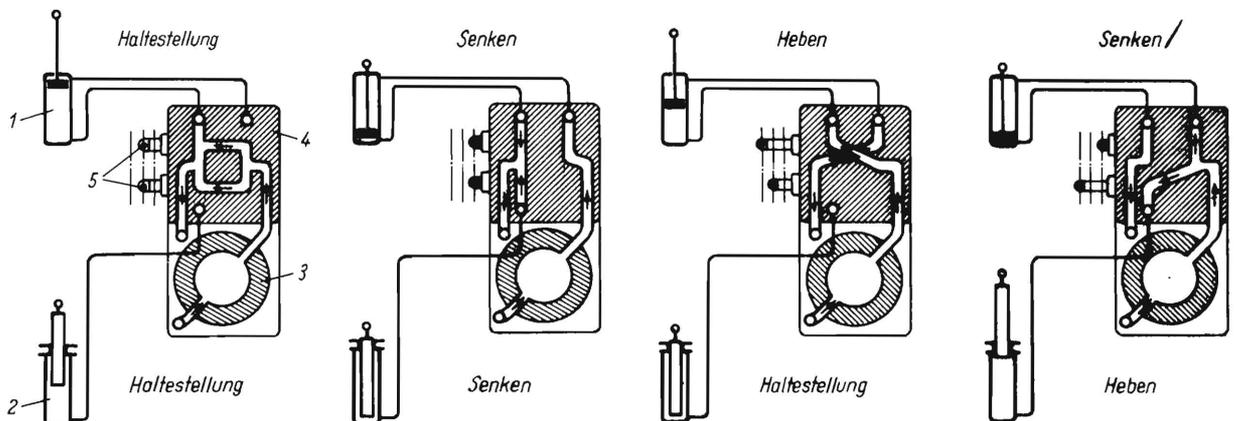
- 1 Kolbenpumpe, auskuppelbar
- 2 Hochdruckschläuche
- 3 Bedienhebel mit Kulissenschaltung, zweiter Hebel ist für zusätzlichen dritten Arbeitszylinder
- 4 hydraulischer Arbeitszylinder, rechts und links
- 5 Sperrblocks, zwischen Bedienhebel (3) und Arbeitszylinder (4) eingebaut.

ders beträgt 300 bzw. 470 kgm bei Hüben von 100 bzw. 160 mm. Durch Vorschalten eines Sperrblockes vor jeden Arbeitszylinder ist das angehobene Gerät bei stillstehender Pumpe in seiner Lage gesichert, wenn der Bedienhebel unbeabsichtigt betätigt werden sollte. Jede Stellung des Gerätes zwischen den Endstellungen wird hydraulisch gehalten.

Bild 6. Zahnradpumpe der *Energy Farm Equipment*

- 1 Bedienhebel
 - 2 Steuerorgan
 - 3 Pumpe
- Ölbehälter: 9,8 l Inhalt
Antrieb: Von Motorkurbelwelle durch Keilriemen
 $n = 500 - 1800 \text{ U/min}$
 $Q = 37,8 \text{ l/min}$
bei $n = 1800 \text{ U/min}$
 $p_{\text{max}} = 140 \text{ kg/cm}^2$

Auch *Teves* hat eine Anlage mit freien, d.h. nicht fest im Getriebeblock des Schleppers eingebauten Arbeitszylindern, getrennter Pumpe und Steuergehäuse herausgebracht, mit einem Arbeitsvermögen von 425 und 550 kgm

Bild 7. Steuerschema des Krafthebers von *Vickers*.

- 1 doppeltwirkender Arbeitszylinder, 2 einfachwirkender Arbeitszylinder, 3 Pumpe, 4 Steuergehäuse, 5 Steuerschieber

pro Arbeitszylinder. Die Firma *Toussaint & Hess* ist dabei, eine ähnliche Anlage mit 500 kgm zu entwickeln. *Teves* verwendet einen vierfachen Steuerschalter mit Kugelschaltung, mit welchem entweder 2 doppelwirkende oder 1 doppelwirkender und zwei einfachwirkende Arbeitszylinder betätigt werden können.

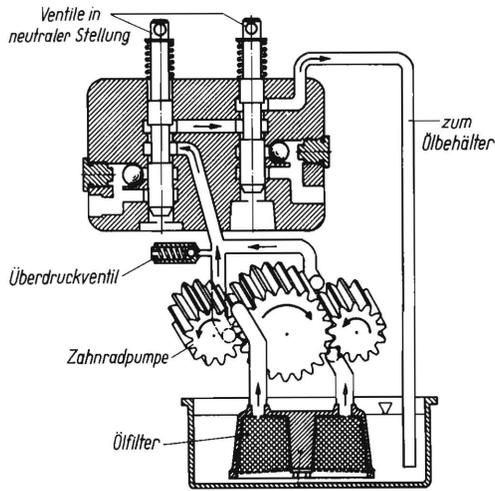


Bild 8. Zahnradpumpe und Steuerung des Krafthebers von *Char Lynn*.

Zu derselben Bauart „freier Arbeitszylinder mit Steuerung nach Sicht“ gehört auch der hydraulische Kraftheber von *Printz*. Die gesamte Anlage einschliesslich Hydraulikpumpe, Arbeitszylinder, Steuergehäuse kann, wenn sie gebraucht wird, an die Rückseite des Schleppers angebaut werden, wobei die Hydraulikpumpe auf die Zapfwelle aufgeschoben wird. Das Arbeitsvermögen des Arbeitszylinders ist bei einem Öldruck zwischen 30 und 70 atü je nach Öldruck 475 – 1110 kgm. Wenn das Heben oder Senken mit Kraftheber beendet ist, wird durch den

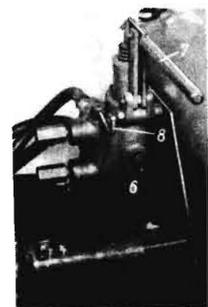
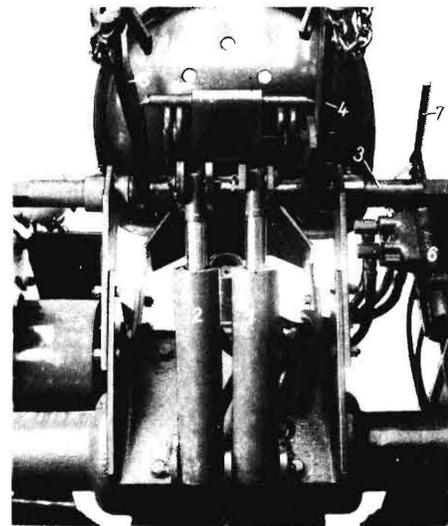


Bild 9 und 10.

(rechts) Kraftheber des *Earthmaster*-Schleppers (USA)
(links) Steuergehäuse des Krafthebers desselben.

- 1 rechter doppelwirkender Arbeitszylinder an Schlepperrückachse
- 2 linker doppelwirkender Arbeitszylinder an Schlepperrückachse
- 3 Kraftwelle
- 4 rechter Lastarm mit Welle (3) fest verbunden
- 5 linker Lastarm auf Welle (3) gelagert
- 6 Steuergehäuse
- 7 Bedienhebel für Heben, Senken und Stillstand
- 8 Hebel zum Umschalten auf rechten, auf linken oder beide Arbeitszylinder zugleich.



ansteigenden Öldruck ohne Zutun des Schlepperfahrers die durch den Bedienhebel angeführte „Steuermuschel“ nach oben gedrückt, sodass der neutrale Ölkreislauf wieder hergestellt ist.

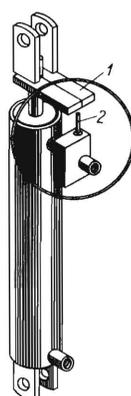
Sehr viele Beispiele für die Steuerung nach Sicht („*nudging system*“) sind bei amerikanischen Krafthebern zu finden. Es seien einige typische Beispiele im Bild gezeigt, und zwar die Konstruktionen von *Energy Farm Equipment* (Bild 6), *Vickers* (Bild 7) und *Char Lynn* (Bild 8). Am *Earthmaster* Schlepper (Bild 9 und 10) sind an der Hinterachse des Schleppers die beiden freien, doppelwirkenden Arbeitszylinder des Krafthebers angebracht, welche nacheinander oder gleichzeitig, je nach Stellung des Umschalthebels (8) in Betrieb gesetzt werden können. Interessant an dieser Konstruktion ist die Aufhebung der hydraulischen Fesselung des Arbeitskolbens durch Niederdrücken des Bedienhebels (7). Dadurch können sich, wenn erforderlich, die Anbaugeräte in der vertikalen Ebene frei bewegen.

Die zweite Gruppe (b) der Kraftheber ist im Prinzip gleich der ersten, hat jedoch zusätzliche Einrichtungen, welche in der einstellbaren Endstellung des Arbeitskolbens zwangsläufig den Druckölkreislauf vom Arbeitszylinder abschalten oder den neutralen Kreislauf herstellen (Bild 11). Diese zusätzlichen Einrichtungen gestatten dem Schlepperfahrer eine Arbeitstiefe des Gerätes einzustellen, ohne dabei das Gerät beobachten zu müssen; eine genaue Veränderung der Arbeitstiefe während der Fahrt aber ist hierbei nicht möglich.

Der Kraftheber von *I.H.C.* im *Farmall H.u.M.* nach Bild 12 ist nicht nur ein Beispiel für die zwangsläufige Rückführung des Bedienhebels in den neutralen Kreislauf bei Endstellung des Arbeitskolbens, sondern auch für das nacheilende Heben, z.B. für rückwärts angebaute Geräte, welche an derselben Stelle wie die vorderen Geräte aufgehoben werden sollen.

Zur zweiten Gruppe (b) könnte man auch eine interessante Konstruktion von *Dusenbery N.Y.* rechnen. Ein Elektromotor ist mit der Ölpumpe direkt gekuppelt und auf den Arbeitszylinder (320 kgm Arbeitsvermögen) aufgesetzt. Diese hydraulische Anlage kann an jede beliebige Stelle des Schleppers oder Anhängergerätes gesetzt werden. Der 6-Volt-Motor wird von der Schlepperbatterie gespeist; die Endstellungen des Hubkolbens werden elektrisch abgeschaltet.

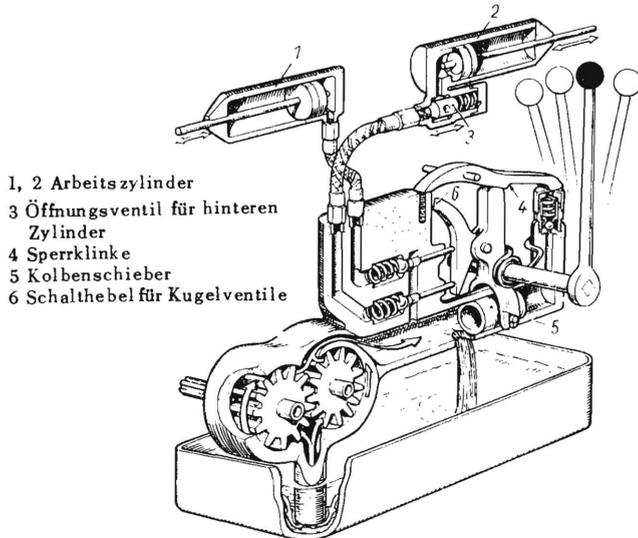
Man könnte diesen elektrisch-hydraulischen Kraftheber zu einem System entwickeln, welches sämtliche oben genannten Forderungen erfüllt.



Auch in England gibt es hydraulische Kraftheber nach Bauart b. Als Beispiel wird nach Bild 13 der Kraftheber von *David Brown* gezeigt. Die automatische Einhaltung der Endstellung des Arbeitskolbens wird hier erreicht durch eine vom Kolben selbst gesteuerte Öffnung im Zylinder.

- 1 einstellbarer Anschlag
- 2 Steuerbolzen

Bild 11. Umschaltbare Hubbegrenzung am Arbeitszylinder durch Abschalten des Druckölkreislaufes (*Energy Farm Equipment*).



- 1, 2 Arbeitszylinder
- 3 Öffnungsventil für hinteren Zylinder
- 4 Sperrklinke
- 5 Kolbenschieber
- 6 Schalthebel für Kugelventile

Bild 12. Kraftheber von J.H.C. mit verzögerter Hebung (Farmall H. und M.)

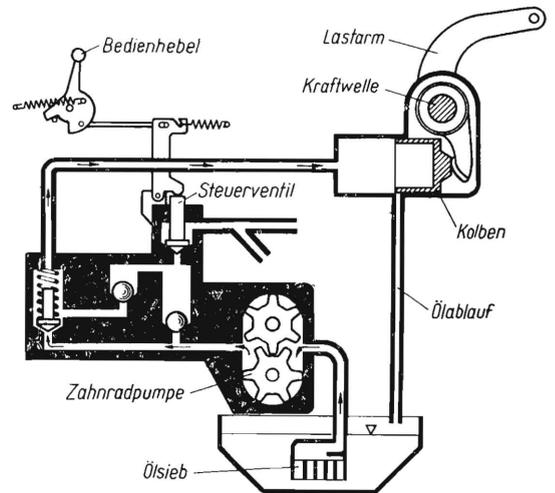


Bild 13. Schema des Krafthebers von David Brown (England)

Zu der Frage, wieweit die Forderungen der Landwirtschaft (Bild 1) an Krafthebern einfacher Konstruktion von einem hydraulischen Kraftheber der Bauarten a und b erfüllt werden können, ist folgendes festzustellen:

Obwohl für die einfache Bauart eines Krafthebers Senken mit Kraft nicht verlangt wird, ist diese Forderung beim hydraulischen Kraftheber ohne weiteres erfüllbar. Der doppelwirkende Arbeitszylinder er-

fordert in der Ausbildung der Steuerung des Ölkreislaufes gegenüber dem einfach wirkenden Arbeitszylinder keinen besonderen konstruktiven Aufwand. Bei festen Arbeitszylindern mit mechanischer Rückführung der Steuerorgane für den Ölkreislauf bringt dagegen ein Verzicht auf diese Forderung (Senken mit Kraft) Vereinfachungen. Die Bedingungen 5, 6 und 9 (Bild 1) sind erfüllbar. Der von der Zapfwellenkupplung unabhängige Antrieb der Ölpumpe (Forderung 10) ist nicht erfüllbar bei den Konstruktionen, bei denen der Antrieb der Ölpumpe mittels Keilriemen von der Zapfwelle aus erfolgt oder die Ölpumpe direkt auf die Zapfwelle aufgesteckt wird. In den meisten Fällen wird die Ölpumpe bei diesen einfachen Konstruktionen direkt vom Motor aus angetrieben, sodass damit auch ein von der Fahrkupplung unabhängiger Antrieb (Forderung 11) erreichbar ist. Forderung 12 ist normalerweise bei einer Aufsteckpumpe auf die Zapfwelle nicht erfüllbar; jedoch ist bei Keilriemenantrieb über Zapfwelle oder auch, wenn die auf die Zapfwelle aufgesteckte Pumpe auf der Gegenseite dieselbe Keilwelle für den Anschluss von Geräten aufweist, diese Forderung als erfüllt zu betrachten.

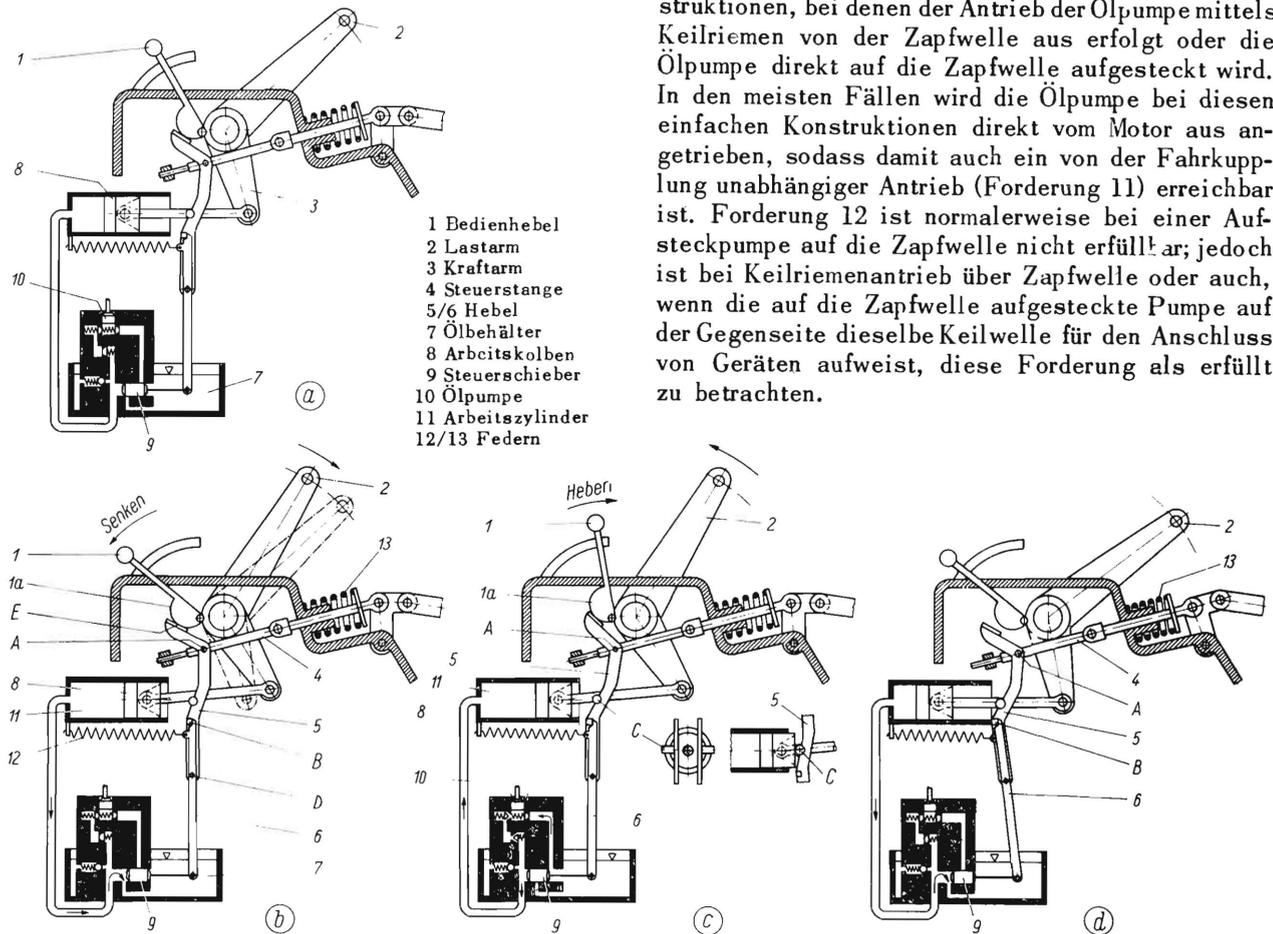


Bild 14. Kraftheber von Ferguson in neutraler Stellung (a), beim Senken (b), beim Heben (c) und beim Auftreffen auf ein Hindernis (d)

Ein Unfallschutz bei Transportstellung der Geräte kann automatisch oder durch einfache von Hand zu bedienende Sperren, die die Bewegung des Bedienhebels blockieren, erreicht werden. Automatische Sperrung ist z.B. beim *Kienzle* Kraftheber mit freiem Arbeitszylinder durch Einbau der Sperrblocks (Bild 5) erreicht. Überlastungsschutz (Forderung 15) ist bei allen Konstruktionen durch den Einbau eines Überdruckventiles erfüllbar.

2. Steuerung nach Zugwiderstand

Zu den aufwendigen Konstruktionen der Gruppe c gehört der hydraulische Kraftheber von *Ferguson* mit einem Steuersystem für gleichen Zugwiderstand des Gerätes. Bei dieser Bauart wird das Gerät nicht auf eine bestimmte Arbeitstiefe eingestellt, sondern der Kraftheber regelt das Anbaugerät auf gleich grossen Bodenwiderstand. Das hat zur Folge, das z.B. beim Pflügen die Furchentiefe sich mit dem Bodenwiderstand ändert.

Trifft der Pflugkörper auf ein unüberwindliches Hindernis, fasst er z.B. unter eine im Boden feststehende Baumwurzel, so wird die Steuerfeder (13) stark zusammengedrückt; die Steuerstange (4) verschiebt den Hebel (5/6) über A soweit, bis er zur Anlage in B am Arbeitszylinder kommt. Um diesen Drehpunkt B dreht sich der Hebel (5/6), solange bis der Steuerkolben (9) das Öl vor dem Arbeitskolben freigibt. Damit wird die hydraulische Fesselung des Pfluges mit dem Schlepper aufgehoben und die am Lastarm (2) angreifende Vertikalkraft des Pfluges so stark vermindert, dass die Antriebsräder des Schleppers entlastet werden und durchdrehen [2]. Interessant ist eine Neuerung von *Ferguson*. Durch oszillierende Bewegung des Steuerschiebers (9) soll dessen Festklemmen verhindert und eine hysteresefreie Steuerung erreicht werden.

3. Steuerung nach vorgewählter Arbeitstiefe

Die Hydraulik von *Ford* [11] unterscheidet sich von der *Ferguson*-Hydraulik dadurch, dass neben der Steuerung nach gleichem Zugwiderstand auch eine Steuerung nach gleicher Arbeitstiefe möglich ist (Bild 15). Das System arbeitet nach Tiefenkontrolle,

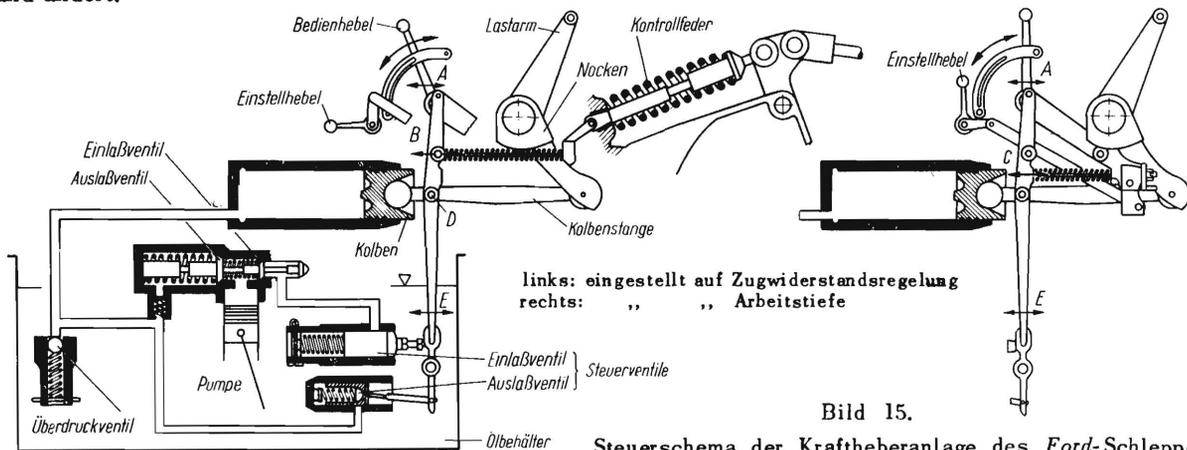


Bild 15.

Steuerschema der Kraftheberanlage des Ford-Schleppers

Die Grösse des automatisch vom Kraftheber einzuhal tenden Bodenwiderstandes kann durch den Handhebel (1) in Bild 14 eingestellt werden. In der neutralen Stellung sperrt der Kolbenschieber (9) den Zulauf zur Ölpumpe (10) und den Rücklauf des Öles zum Ölbehälter (7). Der Arbeitskolben (8) bleibt in seiner jeweiligen Stellung stehen und damit auch Kraftarm (3) und Lastarm (2).

Zum Senken des Lastarmes (2) aus dieser Stellung wird Bedienhebel (1) nach links bewegt. Hebel (5) wird über den Exenter (1a) um Drehpunkt A gedreht und drückt über Drehpunkt D den Hebel (6) nach rechts weg (die angespannte Feder (12) holt den etwas nacheilenden Hebel (6) bis zum Anschlag B um den Drehpunkt D zurück), sodass der Kolben (9) nach rechts geschoben wird und das Öl vor dem Arbeitskolben (8) zum Rückfliessen nach dem Ölbehälter (7) freigibt. Der Arbeitskolben (8) geht nun soweit nach links bzw. Lastarm (2) senkt den Pflug soweit, bis über den Bodenwiderstand die Feder (13) gespannt wird, die Steuerstange (4) den Hebel (5/6) um Drehpunkt E nach links bewegt und der Steuerschieber (9) den rücklaufenden Ölstrom vom Arbeitszylinder (11) absperrt. Der Pflug bleibt in der erreichten Tiefe stehen, wenn sich der Bodenwiderstand nicht ändert.

Beim Heben des Pfluges wird der Bedienhebel (1) nach rechts gelegt. Hebel (5/6) dreht um A und Steuerkolben (9) öffnet den Ölstrom zur Pumpe (10). Das Drucköl tritt in den Arbeitszylinder (11) und Arbeitskolben (8) bewegt sich nach rechts und hebt den Pflug über Lastarm (2) aus. Der Kolben setzt seiner Bewegung nach rechts selbst ein Ende, indem er den Anschlag C auf Hebel (5/6) nach rechts drückt und damit den Ölzutritt zur Pumpe durch den Steuerkolben (9) absperrt (neutrale Stellung).

wenn der Einstellhebel senkrecht gestellt ist und auf Zugwiderstandskontrolle, wenn dieser Hebel horizontal steht. Die Tiefenkontrolle wird angewendet bei den Geräten, bei welchen es auf genaue Einhaltung der Arbeitstiefen ankommt, z.B. Häufelgeräte, Hackgeräte, Scheibeneggen.

Der hydraulische Kraftheber von *Ford* leitet bereits über zu den Krafthebern der Gruppe (d) mit Steuerung nach gleicher vorgewählter Arbeitstiefe. Bei diesem System entspricht jeder Stellung des Bedienhebels eine entsprechende Stellung des Kolbens des Arbeitszylinders und damit des Arbeitsgerätes. Ausserdem entspricht der Geschwindigkeit, mit welcher der Handhebel bewegt wird, die Hubbeschleunigung bzw. Verzögerung des an den Kraftheber angeschlossenen Gerätes.

Ein klassisches Beispiel für dieses System ist der Kraftheber der *I.H.C.* Aus Bild 16 ist der komplizierte Aufbau dieser hydraulischen Feinststeuerung ersichtlich. Für die Steuerung der beiden Arbeitszylinder sind nicht weniger als 9 Steuerschieber, Sperrventile und Regulierventile erforderlich, welche mit Ausnahme der beiden Steuerschieber (2) durch den Öldruck automatischbetätigt werden. Die Steuerschieber (2) werden über die Bedienhebel (1) verschoben und über die Bewegung der Kolbenstange (10) und dem Hebel (13) mechanisch zurückgeführt. Die Sperrventile (3) sind vor den Arbeitszylinder gelegt; sie blockieren den Kraftheber, wenn die Zahnradpumpe stillsteht.

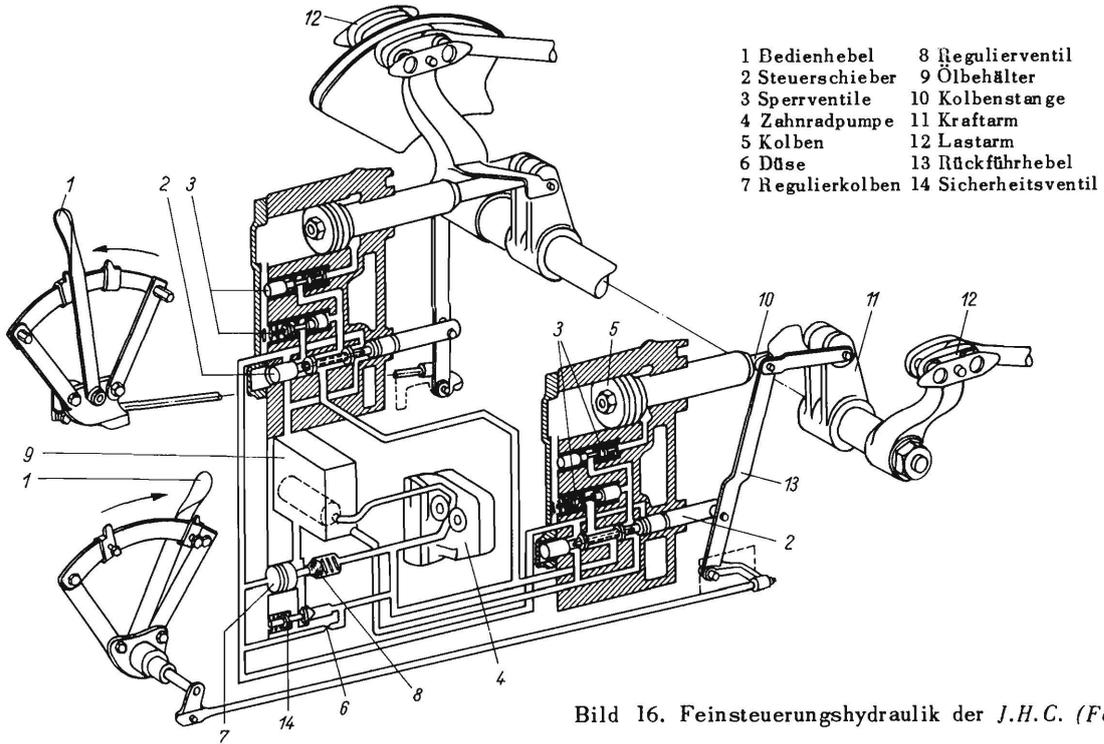


Bild 16. Feinsteuerungshydraulik der J.H.C. (Farmall A)

Bei dieser Anlage ist aber noch folgendes zu beachten: Wenn der Kraftarm des Hebers über ein festes Gestänge mit dem Arbeitsgerät verbunden ist, ist das Arbeitsgerät in jeder Stellung hydraulisch gefesselt. Wenn eine solche Fesselung mit Rücksicht auf das Arbeitsgerät unerwünscht ist, muss die Möglichkeit des freien Arbeitens durch konstruktive Massnahmen geschaffen werden (Beweglicher Anlenkpunkt, Spiel im Hubgestänge oder Aufhebung der hydraulischen Fesselung.).

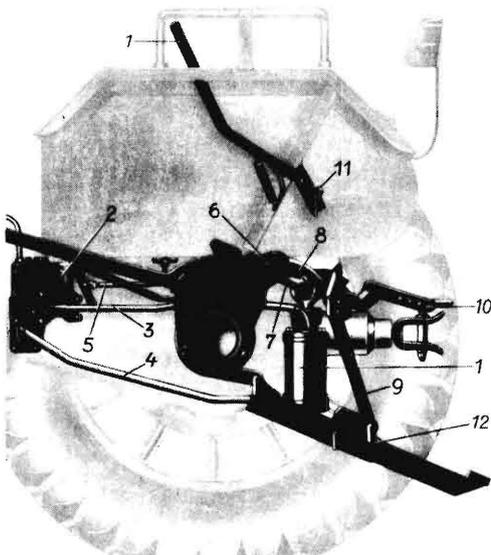
In Deutschland sind hinsichtlich Vorwählung und Feinsteuerung mit der Ausführung der I.H.C. vergleichbare Konstruktionen entstanden, z.B. der Kraftheber von Lanz [12]. Gemeinsam ist allen diesen Konstruktionen mit Ausnahme des Pentax-Krafthebers die mechanische Rückführung, die vom Kolben, von der Kraftwelle oder vom Lastarm abgeleitet wird.

Der hydraulische Kraftheber von Lanz (Bild 17) hat einen freien, doppelt wirkenden Arbeitszylinder mit einem Arbeitsvermögen von 400 kgm, getrennte Zahnradpumpe (30 atü) und mechanische Rückführung des Schiebers für die Steuerung des Ölkreislaufes. Durch verschiebbare

Anschläge kann durch den Bedienhebel die jeweils gewählte Arbeitstiefe und die Hubhöhe des Gerätes eingestellt werden (Bild 18). Mit den Hubarmen rechts und links kann durch Verbindungsstangen die Ackerschiene festgekuppelt oder der Anlenkpunkt des Pfluges höher oder tiefer gestellt werden [17]. Beim Ausheben von Wechselflügen werden von den Lastarmen Schleppebel, an denen jeweils an einer Kette eine Pflugseite angehängt ist, mitgenommen, die in ihrer obersten Stellung einklinken. Bei Anbaugeräten, welche nicht wechselseitig arbeiten, können die Schleppebel auch fest mit den Lastarmen verbunden werden. Die Lanz-Konstruktion erfüllt also alle Forderungen, die man an eine solche aufwendige Kraftheberkonstruktion stellt.

Der sogenannte Regelzylinder, bei dem Arbeitszylinder- und Steuereinrichtung ein Aggregat ist, wie z.B. beim Teves-Kraftheber mit 260 und 350 kgm, ist ein doppeltwirkender Arbeitszylinder mit mechanischer Rückführung. Der Hubweg des Kolbens ist von der Grösse des vorgewählten Winkelweges des Bedienhebels am Vorwähler abhängig. Innerhalb der Endanschlüsse ist ein

Bild 17 (links). Kraftheber von Lanz, Mannheim



- 1 doppeltwirkender Arbeitszylinder
- 2 Ölpumpe
- 3 und 4 Ölleitungen zum Zylinder
- 5 Rückföhrgestänge zum Schieber für die Steuerung des Ölkreislaufes
- 6 Hubwelle
- 7 Kraftarm
- 8 Lastarme (je einer rechts und links)
- 9 Verbindungsstange zur Ackerschiene
- 10 Schleppebel
- 11 Klinkwerk
- 12 Ackerschiene
- 1 Bedienhebel
- 2 verstellbare Anschläge
- 3 Schleppeizer

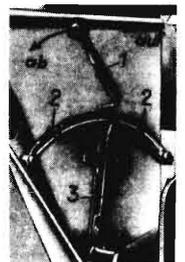


Bild 18. Bedienhebel mit Schleppeizer und Vorwählung am Kraftheber Lanz.

Überfahren der verstellbaren Anschläge möglich. Eine Tiefensteuerung über den Bedienhebel ist möglich, jedoch ist sie als Feinsteuerung nicht anzusprechen.

Bei dem doppeltwirkenden Kienzle-Kraftheber mit 400 kgm Arbeitsvermögen wurde im Prinzip gegenüber der kleineren Bauart nichts geändert, bis auf die Betätigung

des Bedienhebels, bei der eine Art Druckknopfauslösung für den Hub- und Senkvorgang angewendet wird.

Das *Pentax*-Gerät von *Stockey & Schmitz* mit einem Arbeitsvermögen von 350 kgm hat einen Regelzylinder mit Stufenkolben. Die vom Kraftheber getrennt angeordnete Pumpe hat hydraulisch gesteuerte Fördermengenregelung. Die Arbeitsstellung des Gerätes kann durch einen einstellbaren Vorwähler, der vom Bedienhebel im Bedarfsfalle überfahren werden kann, beliebig gewählt werden. Die Kennzeichen der *Pentax*-Konstruktion sind: Lastarmstellung unter dauernder Kontrolle der Hydraulik; keine Drosselsteuerung des Öles, sondern volumenge-regelte Pumpe unter dem Einfluss des Gegendruckes im Arbeitszylinder; einfache Steuerung des Ölkreislaufes ohne mechanisches Rückführgestänge; Beibehaltung dieses Prinzipes durch Stufenkolben auch bei doppelwirkendem Arbeitskolben; Ausüben eines veränderlichen Dauerdruckes auf das Arbeitsgerät.

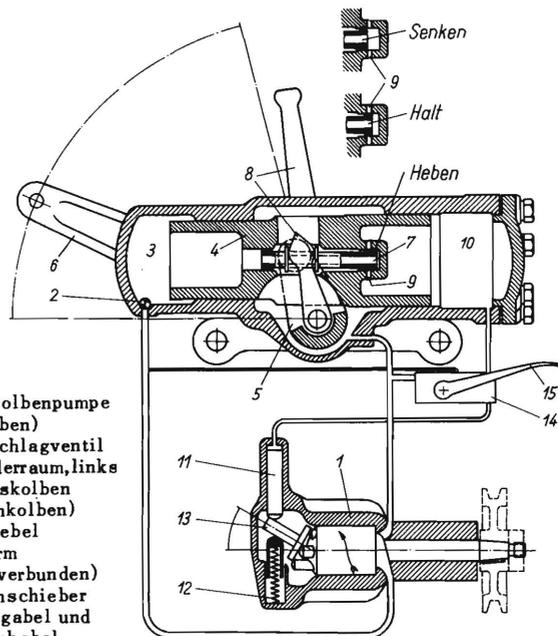
Bild 19 zeigt die Schemaskizze des *Pentax*-Krafthebers. Die Arbeitsweise ist folgende:

Heben. Die auf Förderung stehende Ölpumpe (1) drückt über Rückschlagventil (2) Öl in den Arbeitszylinder (3). Kolben (4) wird nach links geschoben und hebt über Krafthebel (5) und Lasthebel (6) die Last solange, bis der Kolbenschieber (7), vom Steuerhebel (8) zurückgehalten, die Öffnung (9) schliesst. Die weitergehende Ölförderung führt zum Druckanstieg im Raum (10) und vor dem Steuerkolben (11). Dieser schiebt gegen den Druck der Feder (12) die Schiefscheibe (13) in eine fast hublose Lage, wodurch die Ölförderung der Pumpe auf die zur Erhaltung des Steuerdruckes notwendige Menge verringert wird.

Senken. Durch den Bedienhebel wird über Steuergabel (8) der Kolbenschieber (7) in die Stellung „Senken“ geschoben. Die Verbindung der beiden Zylinderräume (3) und (10) bewirkt Druckausgleich. Durch die grössere Kolbenfläche des Stufenkolbens bewegt sich der Arbeitskolben in Richtung „Senken“, wodurch ein Absinken des Druckes im Raum (10) bewirkt wird. Der gleiche Druckabfall vor Steuerkolben (11) bringt die Pumpe auf Förderung. Der Senkvorgang wird beendet, wenn Kanal (9) vom Steuerschieber (7) überdeckt wird. Im Raum (3) steigt nun der Druck wieder an, und dieser bewirkt einen Druckanstieg im Raum (10), wodurch die Ölpumpe durch Steuerkolben (11) wieder hublos gemacht wird.

Drücken. Soll auf den Lastarm ein Dauerdruck ausgeübt werden, so wird der Bedienhebel (8) auf „Senken“ gestellt. Das Gerät sinkt ab, bis es einen Widerstand am Boden findet. Wird nun der Drückhebel (15) betätigt, so wird auf das Gerät ein dauernder Druck ausgeübt. Die Grösse des Druckes kann durch den Druckhebel dosiert werden. Das Schloss (14) sichert ausserdem den drucklosen Ölumlauf der Pumpe bei angehobener Last.

Mit aufwendigen hydraulischen Krafthebern nach Gruppe (c) und (d) sind die Forderungen 1 bis 3, 5 und 6 (Bild 1) erfüllbar, dagegen Forderung 7 nur bei den Konstruktionen, bei denen der Bedienhebel nach Beendigung des Hubes nicht in eine Nullstellung zurückgeht. Die Erfüllung der Forderung 8 bedingt eine ausgesprochene Feinsteuerung, wie z.B. bei *I.H.C.* Forderung 4 ist beim *Pentax*-Gerät und Forderung 9 und 10 bei allen erwähnten Konstruktionen erfüllt. Forderung 11 ist nur bei den Konstruktionen erfüllt, bei welchen die Ölpumpe direkt vom Motor oder unabhängiger Zapfwelle angetrieben wird. Eine automatische Unfallsicherung (Forderung 13) ist durch Einbau von Sperrventilen in den Ölkreislauf vom und zum Arbeitszylinder (s. Bild 16, *I.H.C.*) möglich. Während beim „freien“ Arbeitszylinder



- 1 Axialkolbenpumpe (5 Kolben)
- 2 Rückschlagventil
- 3 Zylinderraum, links
- 4 Arbeitskolben (Stufenkolben)
- 5 Krafthebel
- 6 Lastarm (mit 5 verbunden)
- 7 Kolbenschieber
- 8 Steuergabel und Bedienhebel
- 9 Steueröffnung
- 10 Zylinderraum, rechts
- 11 Stellkolben zur Steuerung des Pumpenhubes
- 12 Rückstellfeder mit -kolben

- 13 Schiefscheibe
- 14 Schloss
- 15 Drückhebel für Dauerdruck auf Lastarm.

Bild 19. Kraftheber, System *Pentax* (*Stockey & Schmitz*)

nachträglich Sperrventile leicht anzubringen sind, ist dies beim „festen“ Arbeitszylinder nur bei Neukonstruktionen zu verwirklichen.

E. Normungsfragen

In Deutschland sind die Normungsarbeiten über einen Normvorschlag, der bereits auf der Rothenburger Tagung 1947 erwähnt wurde, nicht hinausgekommen. Es wäre aber sehr erwünscht, wenn diese Arbeiten wieder aufgenommen würden.

In USA hat die Normung grössere Fortschritte gemacht. So sind von der SAE-ASAE die Masse der Befestigungsösen und Bolzen für den freiliegenden Arbeitszylinder genormt. Ausserdem sind festgelegt:

die grösste Länge des Arbeitszylinders bei maximalem Hub (von Auge zu Auge)	28 3/8"
die kleinste Länge des Arbeitszylinders bei Hub Null (von Auge zu Auge)	20 1/8"
der grösste Kolbenhub	8 1/4"
die grösste Baulänge	30 7/8"
die grösste Baubreite	8 1/8"
die Hubzeit bei 8 1/4" Hub	1,5 – 2 sec

Für den Durchmesser des Kolbens des Arbeitszylinders werden neuerdings folgende Normgrössen empfohlen: 2", 2 1/2", 3" und 4". In Tafel IV sind die Kennwerte einer Reihe von amerikanischen hydraulischen Arbeitszylindern zusammengetragen. Die Hübe liegen zwischen 3 1/2" und 8 1/4", wobei die Arbeitszylinder meistens doppelwirkend sind. Die Normung von Arbeitszylindern für Schlepper über 35 PS Zughakenleistung (= etwa 50 PS Motorleistung) steht vor dem Abschluss. Eine Normung des Arbeitszylinders für Schlepper mit 65 PS und mehr Zug-

Tafel IV. Kenndaten von hydraul. Hubzylindern an amerikanischen Schleppern [7]

Nr.	eingebaut in Schlepper	Hersteller	wiev. Schare	N Riemenscheibe PS	Drehmoment an der Kraftwelle kgm	Drehwinkel Kraftarm Grad	Arbeitsvermögen (angegeben) kgm	Befestigung auf Schlepper	Einfach oder doppeltwirkend	Anzahl der Zylinder	Hubzeit s	Hubvolumen cm ³	Hub mm	Bohrung mm
1	<i>Brockway 49 G</i>	selbst	2	28	332	82	405	Auge	doppel	1	2	680	215,9	63,5
2	<i>Cockshutt</i>	selbst	2-3	28	-	90	400	Auge	doppel	1	1,5	639	203,2 ⁺⁾	63,5
3	<i>Custom BSC</i>	<i>Husco</i>	2-3	28	-	60	320	Auge	doppel	1	1,5	347	101,6	76,2
4	<i>Deere A & B</i>	selbst	2 3	21 35	368	60	680	Auge	einfach	1	1,5-2	1640	203,2 ⁺⁾	101,6
5	<i>Earthmaster CSD</i>	<i>Adel</i>	1	10	240	55	217	Auge	doppel	2	1,5	306	152,4	50,8
6	<i>Farmaster FD 33 & FG 33</i>	<i>Monroe</i>	2-3	24 27	-	76	499	Auge	doppel	1	3,6	547	120,7	76,2
7	<i>Ferguson</i>	selbst	2	23	388	73	560	fest	einfach	1	3,0	392	120,7	63,5
8	<i>Ford 8N</i>	selbst	2	24	284	73	400	fest	einfach	1	-	393	121,0	63,5
9	<i>Gibson H & I</i>	<i>Great Lakes</i>	2 3	22 36	240	60	258	Auge	doppel	1	3,0	308	152,4	50,8
10	<i>Cub JHC</i>	selbst	1	9,7	114	83	152	fest	doppel	1	1,25	180	88,9	50,8
11	<i>Farmall C</i>	selbst	2	19,5	177	83	238	fest	doppel	2	1,0	180	88,9	63,5
12	<i>Love T 50</i>	selbst	3	30	-	-	815	Auge	einfach	1	-	575	127,0	76,2
13	<i>Massey Harris 22/30/44</i>	<i>Bendix</i>	2 3	28,5 31 4 42,5	664	64	505	Auge	doppel	1	1,5	705	158,8	76,2
14	<i>Minneapolis GTB UTS UTV</i>	selbst	3-5	42	720	76	885	Auge	doppel	1	2,5	1260	203,2 ⁺⁾	88,9
15	<i>Moline R & ZA</i>	selbst	2-3	23	367	76	453	Auge	doppel	1	1,4	640	203,2 ⁺⁾	63,5
16	<i>Oliver 66</i>	selbst	2-3	23	-	-	338	Auge	doppel	2	1,5-2	640	203,2 ⁺⁾	63,5
17	<i>Oliver 77 88</i>	selbst	3 4	32 40	-	-	486	Auge	doppel	2	1,5-2	921	203,2 ⁺⁾	76,2
18	<i>Sheppard SD2</i>	<i>Monroe</i>	2	-	310	77	387	Auge	doppel	1	8	548	120,7	76,2
19	<i>Sheppard SD3</i>	<i>Monroe</i>	3	-	310	77	387	Auge	doppel	1	8	548	120,7	76,2

hakenleistung wird für dringend notwendig gehalten. Vorgeschlagen hierfür sind folgende Zylindermasse: 16'' Hub und 47½'' Entfernung von Befestigungsaue zu -auge.

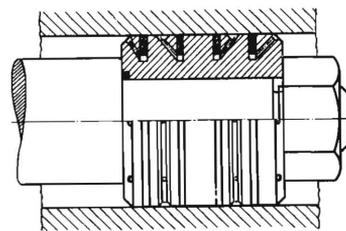
Als nächste Normungsarbeit ist in Aussicht genommen die Festlegung der Arbeitsvermögen der einzelnen Zylinder. Eine solche weitgehende Normung würde nicht nur Standardzylinder schaffen, sondern zwangsläufig auch eine Typenreihe der Ölpumpen mit sich bringen.

F. Dichtungen für hydraulische Arbeitszylinder und Öldruckpumpen

Undichte Arbeitszylinder haben Verluste an Arbeitsvermögen zur Folge. Deshalb muss der Konstrukteur der Ölabdichtung des Arbeitszylinders besondere Aufmerksamkeit schenken. Nach amerikanischen Untersuchungen über hydraulische Arbeitszylinder [13] liegen die Öltemperaturen im Arbeitszylinder unter normalen Arbeitsbedingungen nicht

⁺⁾ Norm nach ASAE

Bild 20. Kolbenabdichtung eines hydraulischen Arbeitszylinders mit Gummiringen.



höher als 30°C über Aussentemperatur. Die Lederdichtungen sind allmählich durch mit syntetischem oder Naturgummi imprägnierte Packungen ersetzt worden. Um zu verhindern, dass Öl undichtheiten bei geringem oder kleinem Öldruck im Zylinder eintreten, werden sogenannte automatische Dichtungen verwendet. Das sind Dichtungen aus Gummi mit U-Profil; in das offene U ist ein Sprengring eingelegt, welcher den einen Schenkel an die Zylinderwand andrückt.

Günstige Ergebnisse verspricht man sich mit Dichtungselementen auf der Basis Metall-Gummi (auf-

vulkanisiert). Gummimetallringe sind in verschiedener Ausführung auf dem Markt. Kolbenringe aus Gummi mit rechteckigem und runden Querschnitt (Bild 20 und 21) haben sich bewährt. Die Lebens-

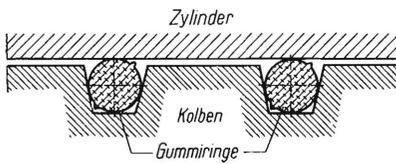


Bild 21. Abdichtung des Hubkolbens gegen Arbeitszylinder mit kreisrunden Gummiringen.

dauer solcher Gummiringe hängt im wesentlichen von der Oberflächenbeschaffenheit der Zylinderlaufbahn ab. Packungslose Dichtungen scheiden für landwirtschaftliche Verwendungszwecke wegen zu hoher Herstellungskosten aus.

G. Arbeitsvermögen der hydraulischen Kraftheber

Über die Grösse der erforderlichen Arbeitsvermögen der Kraftheber gehen die Ansichten der Geräte-, Schlepper- und Kraftheberhersteller sehr auseinander. Die z. T. in Deutschland auf dem Markt befindlichen hydraulischen Kraftheber haben ein maximales Arbeitsvermögen von 260 bis 550 kgm je Arbeitszylinder. Vom Institut für Schlepperforschung sind im Herbst 1950 Untersuchungen über die Grösse des maximalen Arbeitsvermögens für die heute in Deutschland in Frage kommenden Anbaugeräte begonnen worden. Ferner wird die Frage untersucht, welche Verluste bei den einzelnen hydraulischen Kraftheberkonstruktionen auftreten und durch welche konstruktiven Massnahmen solche Verluste vermieden bzw. verringert werden können.

Bevor auf die Ergebnisse der seitherigen Untersuchungen näher eingegangen wird, soll auf die Untersuchungen des Auslandes mit hydraulischen Krafthebern, insbesondere im Hinblick auf die ermittelten grössten Arbeitsvermögen hingewiesen werden. In USA sind solche Untersuchungen von *Sorensen* und *Stanley* sowie von *Barrett* durchgeführt worden [14, 15]. Ihre Erfahrungen mit hydraulischen Krafthebern gehen bis zum Jahre 1935 zurück; sie verwendeten Kraftheber erstmalig zur Betätigung schwerer Planier- und Vorrichtungen. Nach und nach fanden sie auch bei vom Schlepper gezogenen und an den Schlepper angebauten Geräten verschiedener Art Verwendung. Dabei wurde vielfach die Erfahrung gemacht, dass der hydraulische Kraftheber aus Unkenntnis der Grösse der neben der reinen Hubarbeit zusätzlich zu leistenden Arbeiten, wie Reibung in den Gelenken und Lagern, Reibung in den Arbeitszylindern, hydraulische Verluste in den Ölleitungen und Steuerorganen und Wirkung der Bodenkraft, überlastet war.

Die Untersuchungen von *Sorensen* und *Stanley* erstrecken sich auf 54 verschiedene Geräte, von schweren Planierschaufeln bis zu den Erntemaschinen. Es wurde bei diesen Untersuchungen auf die Ermittlung der Verlustarbeiten verzichtet. Das Ziel war vielmehr, einen Überblick über die bei normalen Arbeitsbedingungen auf dem Feld erforderlichen

Gesamtarbeitsvermögen zu bekommen, um die gefundenen Werte dem theoretischen Arbeitsvermögen aus Gewicht des Gerätes und Hubhöhe gegenüberstellen zu können. Leider sind die Hubzeiten nicht im einzelnen angeführt; sie sind anscheinend auch nicht gemessen worden. Damit können keine Rückschlüsse auf die Leistungen und Fördermengen der Öldruckpumpen gezogen werden. Die angegebenen Hubhöhen liegen nach unseren deutschen Erfahrungen z. T. verhältnismässig niedrig, beim dreischarigen Pflug z. B. bei nur 26 cm. Als Hubhöhe wird offenbar die Summe der grössten Arbeitstiefe und der gewünschten Bodenfreiheit des gehobenen Gerätes bezeichnet.

Nach diesen Untersuchungen benötigen Geräte mit geringer Bodenkraft (senkrechte Komponente des resultierenden Bodenwiderstandes), wie Scheibenpflüge und Scheibeneggen, das 1,4- bis 2,3-fache des theoretischen, aus Gerätegewicht und Hubhöhe errechneten Arbeitsbedarfes, andere landwirtschaftliche Bodenbearbeitungsgeräte, wie Scharpflüge das 2,8- bis 3,3-fache und Geräte für schwere Erdarbeiten, wie Planierschaufeln das 3,3- bis 3,8-fache.

Sorensen und *Stanley* haben auch den Versuch gemacht, der maximalen Zughakenleistung des Schleppers (wobei jeweils der kleinste Schlepper zugrunde gelegt ist, der gerade ausreicht, um das betreffende Gerät zu ziehen) das ermittelte maximale Arbeitsvermögen zum Heben der Anbaugeräte zuzuordnen. Es ergab sich folgendes Bild:

maximale Zughakenleistung des Schleppers	entsprechende Motorleistung	maximales Arbeitsvermögen des hydraulischen Krafthebers
PS	PS	kgm
18	etwa 25	320
24	„ 33	435
26	„ 36	460
33	„ 45	600
38	„ 52	690
44	„ 60	800

Vergleicht man diese Angaben über das maximale Arbeitsvermögen mit den Werten nach Tafel IV, so stellt man fest, dass die dort angegebenen Werte z. T. wesentlich höher liegen.

Von französischen Landtechnikern sind in letzter Zeit ähnliche, allerdings mehr theoretische Untersuchungen [16] über die auftretenden maximalen Arbeitsvermögen bei hydraulischen Krafthebern an Ackerschleppern angestellt worden. Ein Vergleich des Ergebnisses der ersten Studie (Bulletin Oct. 1950) über das für erforderlich gehaltene Arbeitsvermögen verschiedener Anbaupflüge mit den amerikanischen Untersuchungen von *Sorensen* und *Stanley* dürfte dabei von Interesse sein. Ausgehend von der Tatsache, dass die Hubarbeit für das Ausheben eines Pfluges umso grösser ist, je grösser die Pflugtiefe gewählt wird, werden in Abhängigkeit von der Pflugtiefe für ein- und mehrscharige Scheiben- und Scharpflüge die Werte für die Arbeit zum Ausheben dieser

Geräte angegeben und in Beziehung zur erforderlichen Zugkraft am Zughaken des Schleppers gebracht. Als Mittelwerte werden angenommen:

für 2-4 schar. Pflüge 18-20 kgm je 100 kg Zugwiderstand
 „ 1 Scheibenpflug 30 „ „ „ „ „
 „ 2 Scheibenpflüge 25 „ „ „ „ „

Die französischen Studien kommen nun zu folgender Zuordnung von erforderlichem Arbeitsvermögen des Krafthebers und Schlepperleistung:

maximale Zughakenleistung PS	entsprechende Motorleistung PS	mittl. Arbeitsvermögen kgm
15 - 25	21 - 34	300
32 - 45	48 - 62	560
45 - 55	62 - 76	700 - 800

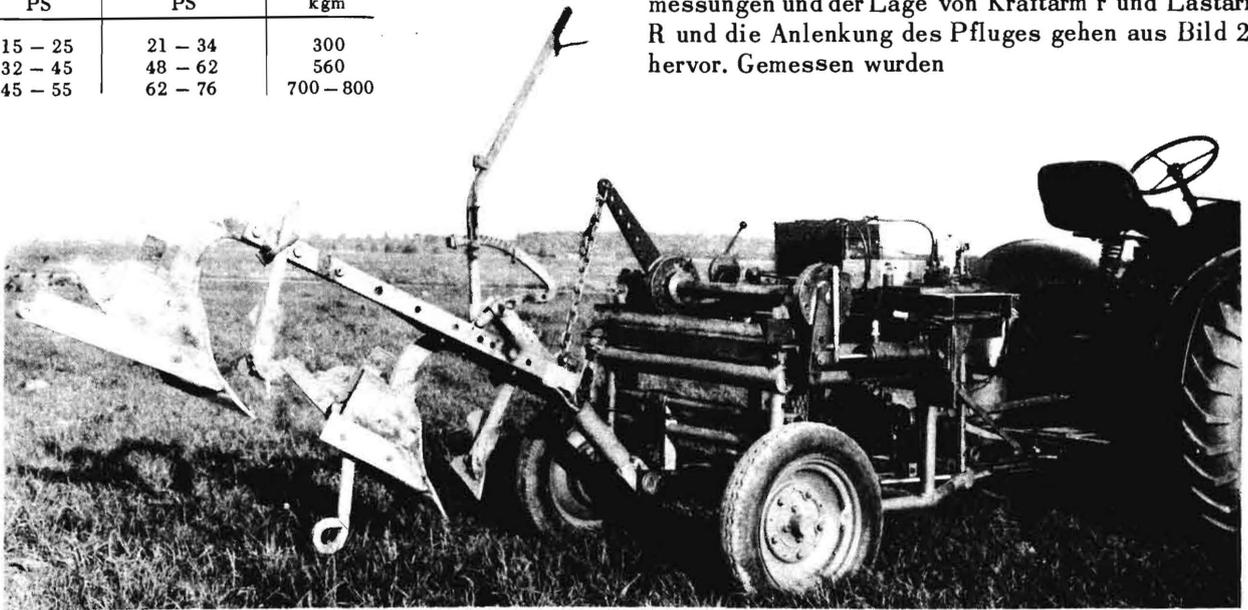


Bild 22. Messwagen für Kraftheberuntersuchungen, entwickelt vom Institut für Schlepperforschung.

H. Untersuchungen über hydraulische Kraftheber

Für die Versuche mit hydraulischen Krafthebern im Laboratorium und bei der Feldarbeit wurde vom Institut für Schlepperforschung ein Messwagen gebaut, dessen äusserer Aufbau aus Bild 22 erkenntlich ist. Der Messwagen kann an jeden Schlepper mit hinterem Zapfwellenantrieb angehängt werden. Von der Zapfwelle wird über ein Übersetzungsgetriebe die Ölpumpe angetrieben. Der hydraulische Arbeitszylinder zum Heben und Senken der Geräte kann an beliebiger Stelle des Messwagens, je nachdem wie die Kolbenstange an den Geräten angreifen muss,

1. die maximalen Kolbenkräfte des hydraulischen Arbeitszylinders beim Ausheben des zweischarigen Wechsellanbaupfluges aus der tiefsten Arbeitsstellung im Acker: a) in Fahrt und b) im Stillstand,
2. die Anteile der Hubarbeit an Reibungskräften, hydraulischen Widerständen, Bodendruckkräften, Beschleunigungskräften.

Es wurde zunächst mit der Gestängeanordnung A in Bild 23 durch statische Eichung der Verlauf der Hubkraft am Kraftarm r in Richtung der Achse des Hubzylinders beim Heben aus dem Stand (ohne Erde) ermittelt, um die Grösse der mechanischen Reibungs-

Pfluggewicht $G = 165 \text{ kg}$
 Hubweg des Schwerpunktes
 $h = 600 \text{ mm}$

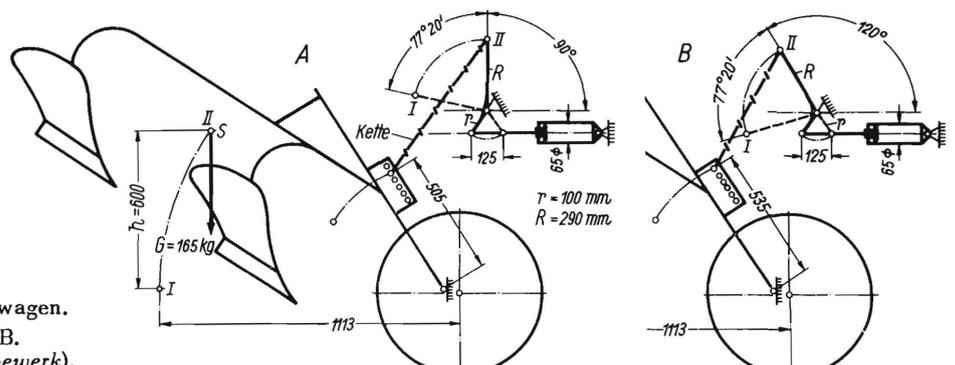


Bild 23. Kraftheber am Messwagen.
 Gestängeanordnung A und B.
 (Zweischaranbaupflug von Rabewerk).

kräfte in den Lagern und im Anlenkpunkt des Pfluggrindels kennenzulernen (Reibungsarbeit A_1 und A_2 in Bild 24). Dabei wurde der hydraulische Arbeitszylinder durch eine Spindel ersetzt und die Hubkraft (Kurve b und c in Bild 24) mittels Federzugkraftmesser in Abhängigkeit vom Hubweg ermittelt. Der Versuch wurde nach Einbau des hydraulischen Arbeitszylinders wiederholt und der Verlauf (d) der Kolbenkraft des Arbeitszylinders festgestellt. Die

und des Kolbenhubs. Diese Gesamtübersetzung nimmt bei Anordnung A mit zunehmendem Kolbenhub von 7,3 auf 4,5 ab. Bei dieser Anordnung treten bei etwa 35 bis 40 mm Kolbenhub die grössten Kolbenkräfte auf, welche massgebend für den durch die Pumpe aufzubringenden Öldruck bzw. für den Durchmesser des Arbeitszylinders sind. Höherer Öldruck erfordert höhere Pumpenleistung, grössere Durchmesser wiederum grösseres Fördervolumen.

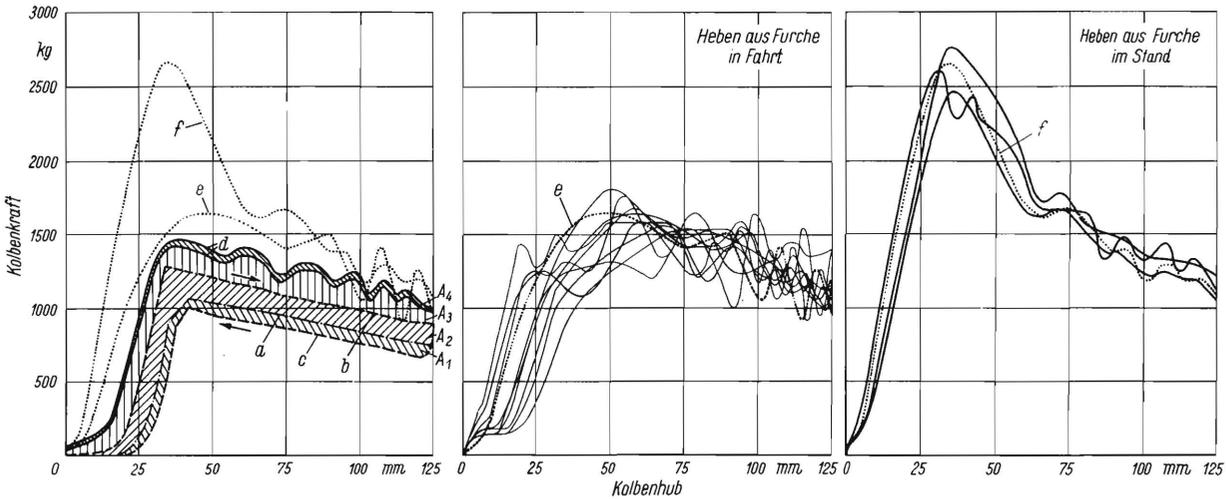


Bild 24. Kolbenkraft in Abhängigkeit von Kolbenhub bei verschiedenen Betriebszuständen (Gestängeanordnung A nach Bild 23).

- a errechnete Hubkraft
- b statische Eichung der Hubkraft bei Heben — Leerlauf
- c " " " " " beim Senken — " "
- d indizierte Kolbenkraft beim Heben mit und ohne Ausflusswiderstand des Öles — " "
- e indizierte Kolbenkraft beim Heben aus der Furche (mittelschwerer Boden, mittl. Furchentiefe $t=20$ cm) — i. Fahrt
- f " " " " " " " " — i. Stand

- A_1 Lagerreibung des Hubgestänges beim Senken — Leerlauf
- A_2 " " " " " Heben — " "
- A_3 Reibungsarbeit des Arbeitszylinders
- A_4 Verlust durch den Ausflusswiderstand des Öles

Differenzfläche aus den Arbeitsdiagrammen mit und ohne Arbeitszylinder ergibt die Reibungsarbeit (A_3) des Kolbens und die hydraulischen Widerstände (A_4) beim Ausschleiben des Öles auf der anderen Seite des Arbeitskolbens über die Ölleitung und das Steuergehäuse in den Ölbehälter.

Das Ziel des Konstrukteurs muss sein, solche Spitzenkräfte abzubauen, um mit kleineren Öldrücken und Arbeitszylindern auszukommen. Anzustreben ist ein Diagramm, bei welchem die Kolbenkraft über dem Kolbenhub möglichst horizontal verläuft. Bei der Anordnung B, bei der das Übersetzungsverhältnis von 4,0 auf 7,0 ansteigt, wurden die dabei

Nach diesen Vorversuchen wurden Messungen auf dem Acker über den Verlauf der Kolbenkraft beim Ausheben des Pfluges in Fahrt (e) und im Stand (f) durchgeführt (Bild 24 rechts). Die Schwingungen der Kolbenkraftlinie in diesem Bild sind eindeutig als Schwingungen des Grindels nachgewiesen worden. Bei allen Versuchen lag deren Frequenz zwischen 2,0 und 2,2 Hz.

Eine Bilanz der Hubarbeiten zeigt Bild 25. Wenn die (errechnete) Hubarbeit aus Gewicht des Gerätes und Hubhöhe des Schwerpunktes gleich 1,0 gesetzt wird, so ist beim Ausheben im Stand ohne Erde das 1,37-fache, beim Ausheben aus der Furche in Fahrt das 1,55-fache und aus der Furche im Stand das 2,0-fache vom Kraftheber aufzubringen, um die Verlustarbeiten, deren Anteile aus der Bilanz in Bild 25 abgelesen werden können, zu decken. Auf den erheblichen Anteil der Reibung von Kolben und Kolbenstangenführung sei besonders hingewiesen.

Den Einfluss der Gesamtübersetzung in der Kraftheberanlage zeigt Bild 26. Die Gesamtübersetzung ergibt sich aus Hubweg des Geräteschwerpunktes

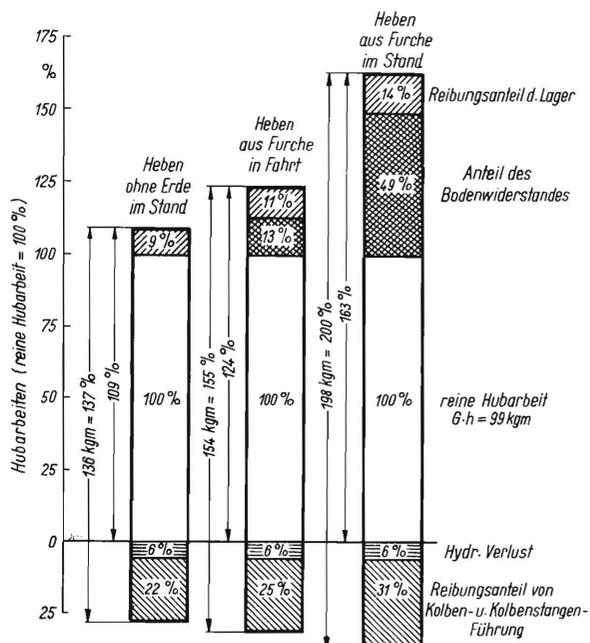


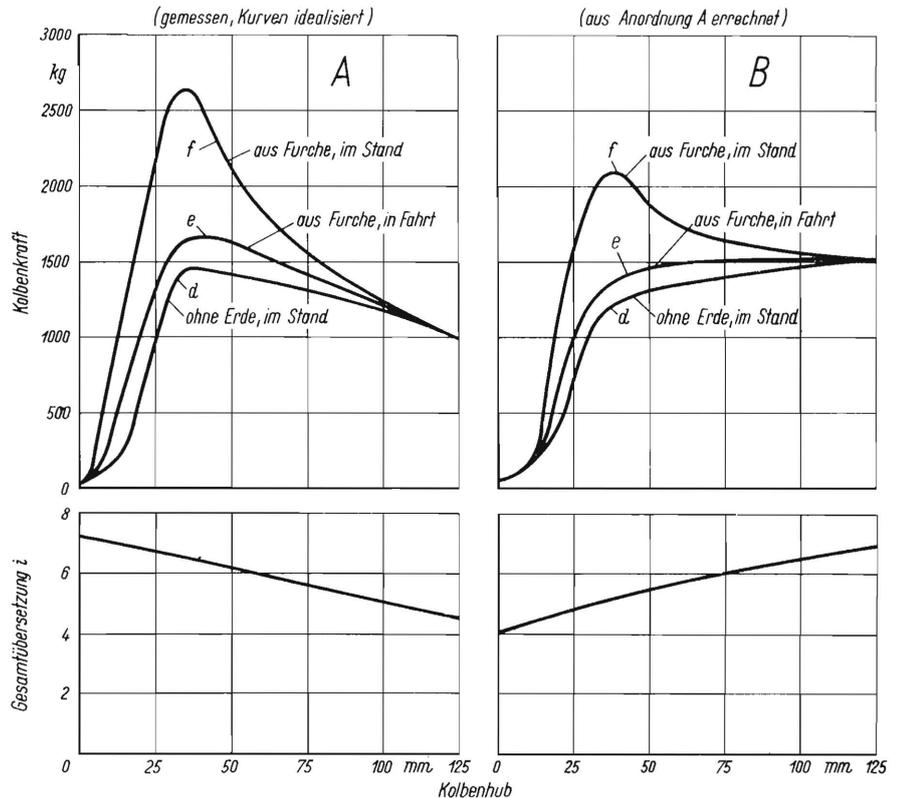
Bild 25. Bilanz der Hubarbeit bei verschiedenen Betriebszuständen (Gestängeanordnung A).

auf tretenden Kolbenkräfte aus den obigen Versuchsergebnissen errechnet (Bild 26 links). Die grösste Kolbenkraft ist gegenüber der Anordnung A von 2650 kg auf 2100 kg bei sonst gleichen Arbeitsbedingungen abgebaut worden.

Diese Teilergebnisse lassen schon erkennen, wie durch geeignete Massnahmen der Wirkungsgrad der hydraulischen Kraftheber wesentlich verbessert werden kann.

*

Bild 26. Einfluss der Gesamtübersetzung i der Kraftheberanlage auf die Kolbenkraft bei verschiedener Anordnung (A – B) des Gerätegestänges.



Schrifttum

- [1] Meyer, Helmut: Die Ackerschlepper in Deutschland. Internat. Landm.-Markt Wien 2 (1950) H. 7/8.
- [2] Skalweit, H.: Der Einfluss der landwirtschaftlichen Arbeitsgeräte auf die Gestaltung des Schleppers. Z. VDI 92 (1950) S. 971.
Die Arbeitsgeräte am Schlepper. Landtechnik 6 (1951) S. 193/203.
- [3] Seifert, A.: Kraftheber für Ackerschlepper. Z. VDI 93 (1951) S. 297/302.
- [4] Gommel, W.: Über die Gestaltung des Krafthebers. In: Berichte über Landtechnik III, Schlepper und Arbeitsgerät. Wolfratshausen / München 1948. S. 126/137.
- [5] Dürr, A. und O. Wachter: Hydraulische Antriebe und Druckmittelsteuerungen an Werkzeugmaschinen. München 1949.
- [6] Brenner, W.G. und H. Gaus: Betrachtungen über Schlepplader. In: Berichte über Landtechnik XI, Der Schlepper und sein Gerät. Wolfratshausen/München 1950. S. 64 ff.
- [7] – Red Tractor Book. Verlag „Implement and Tractor“, Kansas City, Missouri (USA) 1949/50.
- [8] – The Tractor Field Book. Farm Implement News Co., Chicago, Ill. (USA) 1948/49.
- [9] Ziskal, I.F.: Hydraulic Circuits for Farm Tractor Applications. Agricult. Engng. Aug. 1949.
- [10] Rixmann, W.: Zur Entwicklung des Krafthebers. In: Berichte über Landtechnik XI, Der Schlepper und sein Gerät. Wolfratshausen/München 1950, S. 48 ff.
- [11] – Farm Mechanization Handbook. The English Universities Press Lim., London.
- [12] Lentz, A.: Entwicklung des Krafthebers für Anbaugeräte am Bulldog. In: Berichte über Landtechnik III, Schlepper und Arbeitsgeräte. Wolfratshausen / München 1948. S. 138 ff.
- [13] Beacham T.E. und F.H. Torler: Hydraulic Seals. Automobile Engineer, May 1949, S. 202 ff.
- [14] Sorensen K.B. und M. Stanley: Capacity Requirements for Power-Controlled. Agricultural Implements. S.A.E. Quarterly Transactions April 1948. Vol. 2 No. 2.
- [15] Barrett, R.D.: Determination of Loads Required to Lift Hydraulically Operated Implements. Agricult. Engng. Oct. 1949.
- [16] – Bulletin de Documentation, Centre d'Etudes et de Recherches du Machinisme Agricole, Paris, (C.E.R.M.A.) Oct. 1950, Janvier 1951 und Février 1951.
- [17] Hain, K.: Die Kinematik von Aushebevorrichtungen, a.a.O. dieses Heftes.

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

Anschrift des Verfassers: Dr. Ing. Artur Seifert, (20b) Braunschweig, Forschungsanstalt für Landwirtschaft