

compte des avantages d'une tracteur à quatre roues motrices sur celui à roues motrices arrière, même en montant sur ce dernier des masses d'alourdissement. Pour souligner les avantages du blocage de différentiel sur le frein de direction et le système à quatre roues motrices sur celui à roues motrices arrière, la consommation respective en combustibles par hectare est indiquée. La combinaison quatre roues motrices/blocage de différentiel s'est avérée la plus rationnelle dans la plupart des cas et peut conduire à des résultats optima en utilisant des masses d'alourdissement sur les roues avant et arrière.

Ing. dipl. K. Seuser: «La influencia de la impulsión a las cuatro ruedas, del freno de dirección y del diferencial en el arado con tractor en pendientes.»

Por ensayos de arado con un tractor Diesel agrícola de 30 C.V. en una falda con pendiente de $18^\circ = 33\%$, se ha demostrado la superioridad de trabajo con bloqueo del diferencial en comparación con el freno de dirección. Los elevados esfuerzos de tracción necesarios permitieron además comprobar la superioridad de la impulsión a las cuatro ruedas, también en el caso de emplearse cargas adicionales en la impulsión a las ruedas traseras. Como ejemplo marcado de las ventajas del bloqueo del diferencial sobre el freno de dirección y de la impulsión a las cuatro ruedas sobre la impulsión a las ruedas traseras, se indica el consumo de carburante por hectárea correspondiente. En general se ha demostrado que la combinación de la impulsión a las cuatro ruedas con el bloqueo del diferencial resulta ser lo más conveniente, consiguiéndose los valores óptimos al emplearse cargas adicionales tanto en las ruedas delanteras como en las traseras.

Dipl.-Ing. H. Skalweit:

Einfluß der Pflugkräfte auf Schlepper mit Dreipunktaufhängung

Institut für Schlepperforschung, Braunschweig-Völkenrode

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf Pflüge, die über die Dreipunkt Kupplung mit drei Lenkern und einem Hubgetriebe am Schlepper angeschlossen sind, bei normaler Arbeit auf ebenem Boden. In Ergänzung der bisherigen Veröffentlichungen [1] wird die Ermittlung der Kräfte und Momente in allen drei Zeichen-Ebenen, also auch im Seitenriß bei der Heckansicht des Schleppers [2] gezeigt. Für verschiedene Böden und Furchentiefen werden dann die für Zug und Lenkung des Schleppers wesentlichen Kräfte und Momente tabellarisch zusammengestellt und schließlich daraus einige Folgerungen gezogen.

Die zeichnerische Ermittlung der Kräfte

Der Drehpflug (Abb. 1) mit einem Gewicht von 234 kg und einem Schwerpunkt 70 cm hinter den senkrecht übereinanderstehenden Kupplungspunkten im Aufriß kann frei (Krattheber in Schwimmstellung) ¹⁾ um seinen jeweiligen Momentanpol schwingen; er hat

keine Stützrolle und wird in bekannter Weise [3] durch gegenseitige Abhängigkeit des Schnittes der Scharsschneide und der Auflagefläche der Sohle, die sich mehr oder weniger je nach der Tragfähigkeit des Bodens eindrückt, auf der eingestellten Tiefe gehalten, solange die Sohlenkraft größer als Null ist [4].

Die Kräfte, die den Untersuchungen zu Grunde gelegt werden, sind aus den umfangreichen Messungen von Getzlaff [5] als Mittel- bzw. Extremwerte ausgewählt. Die in Tabelle 1 für verschiedene Böden und Furchentiefen bei etwa gleicher Arbeitsbreite von 50 cm enthaltenen Werte können für die Untersuchung anderer Anlenkungen und Pflüge verwendet werden. Die Kräfte gelten zwar für die Normkörper, können aber, so lange keine weiteren Er-

¹⁾ Über den Einfluß verschiedener Krafthebeausführungen mit Tiefenregelung (Ferguson) oder mit teilweiser oder völliger Starrlegung in einer Richtung (D. Brown, Fordson Major, Bulwark Cantilever Attachment [9] wird hier nicht berichtet.

gebnisse über abweichende Körperformen vorliegen, Verwendung finden, da durch die Extremwerte ein weites Streugebiet bestrichen ist.

Dem Beispiel sind Kräfte für eine Furchentiefe von 20 cm, für eine Breite von 50 cm und für schweren Boden unterlegt worden. Die Komponenten der Bodenkraft R sind mit den Buchstaben L für Längskraft, V für Vertikalkraft und Q für Querkraft bezeichnet (Abb. 2). Im folgenden werden für die Kräfte in den drei Ebenen, in denen sie als Projektionen der im Raum verlaufenden wahren Gesamtkraft auftreten, keine Indizes verwendet, sondern die Kräfte im Grundriß, Aufriß und Seitenriß mit den gleichen Buchstaben bezeichnet, dagegen sind die scheinbaren Schnittpunkte der projizierten Kräfte in allen Rissen ebenso wie die Polstrahlen laufend beziffert.

Im Aufriß der Abbildung 1 wird die Bodenkraft R mit dem Gewicht (G) zur Kraft W' und diese mit der geschätzten Reibungskomponente A_{1W} der Anlagekraft (A) zur Kraft W_0 vereinigt (zukünftig soll statt W' im Aufriß W_1 und statt W_0 im Grundriß W_2 angewendet werden).

W_0 schneidet die Wirkungslinie der Sohlenkraft (S) im Punkt 11, deren Richtung durch den Reibungsbeiwert 0,4 gegeben ist.

Die Resultierende W aller am Pflug wirkenden Kräfte, einschließlich der Stützkraft an der Sohle, muß einerseits durch diesen Schnittpunkt (11), andererseits durch den sogenannten Führungspunkt gehen. Dies ist der Schnittpunkt (12) der Kraft O im oberen Lenker mit U , der Resultierenden der Kräfte U_1 und U_2 in den unteren Lenkern. U , O und W stehen im Gleichgewicht. Die Kraft U , die durch den Schnittpunkt von U_1 und U_2 gehen muß, kann je nach der Verteilung der Kraft W auf anderen Lenker liegen; die Richtung von U wird deshalb geschätzt und später nach Ermittlung der Kräfte im

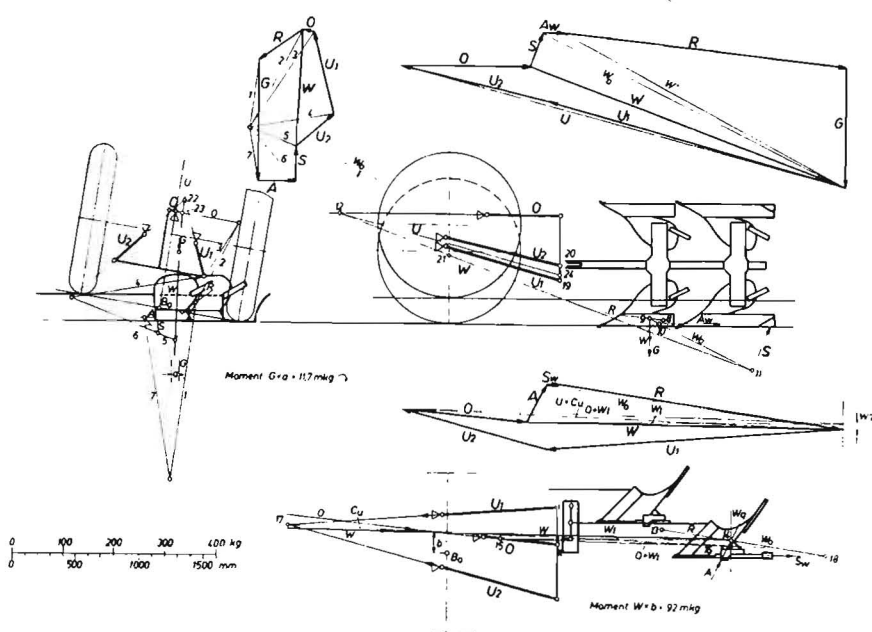


Abb. 1: Ermittlung der Kräfte und Momente bei einem zweifurchigen Drehpflug ohne Stützrolle an der Dreipunktaufhängung

Tabelle 1

Tiefe cm	Boden s/l	Komponenten von R			Stützkraft an		Zug- wider- stand Wl	Trieb- achslast G'h	Md um Längs- achse G · a	Radlast Land- seite G' l	Md um Hochachse W · b	Seitenkraft an Vorder- rädern D
		L mittel kg	V x=max 0=min kg	Q x=max 0=min kg	Rolle C kg	Anlage A kg						
10	l	68	x 34	x 40	265	38	140	1090	55,6 r	453	3,3 l	2
10	l	68	x 34	0 10	266	14	130	1060	46,8 r	442	6,2 r	4
10	s	254	0—76	x 90	107	96	300	1132	15,0 r	500	1,5 r	1
10	s	254	0—76	0 36	110	48	290	1125	15,6 r	483	11,6 r	7
20	l	224	x 120	x 90	319	84	320	1140	61,0 r	410	19,2 r	11
20	l	224	x 120	0 44	323	46	305	1135	58,5 r	409	29,5 r	17
20	s	550	0 56	x 230	175	222	685	1270	28,8 r	480	30,7 r	18
20	s	550	0 56	0 82	179	94	625	1250	21,0 r	488	56,5 r	33
28	l	462	x 154	x 160	300	143	573	1245	53,8 r	414	56,0 r	33
28	l	462	x 154	0 80	305	73	546	1245	48,7 r	412	70,0 r	41
28	s	840	0 0	x 360	43	330	975	1390	4,0 l	493	78,0 r	46
28	s	840	0 0	0 240	53	224	935	1370	11,0 l	502	90,0 r	53

Bezeichnungen der Kräfte und Momente siehe Abb. 2, 3, 4

s = schwerer Boden
l = leichter Boden

x = maximaler Wert von V und Q
0 = minimaler Wert von V und Q

„r“ = rechtsdrehend
„l“ = linksdrehend

Grundriß korrigiert. Nachdem nun die Richtung von W bekannt ist, liegen die Richtungen und Größen aller Kräfte im Krafteck der Aufrißebene vorläufig fest.

Im Grundriß ist R mit S_w , der Reibungskomponente der Sohlenkraft (S), graphisch addiert; die Resultierende W_0 (Punkte: 18 bis 14) kommt mit der Anlagekraft, deren Richtung durch den Reibungsbeiwert 0,4 bekannt ist, im Punkt 14 zum Schnitt. Durch diesen Punkt muß auch W als Resultierende aller Kräfte am Pflug in der Horizontalebene gehen. Die Wirkungslinie von A kann auch weiter nach hinten zur Sohle zu angenommen werden — Meßergebnisse über ihre Lage sind nicht bekannt.

Die Richtung von W ergibt sich folgendermaßen: Zunächst werden 0 und W_l (die Längskomponente von W), deren Größen vom Aufriß heruntergelotet werden können, vereinigt; die Resultierende $0 + W_l$ geht durch den Punkt 15. Es sind nun vier Kräfte wirksam, die im Gleichgewicht stehen müssen, nämlich $0 + W_l$, W_q , U_1 und U_2 , die alle nach der Richtung bekannt sind. Die Culmann'sche Gerade, die durch die Schnittpunkte von W_q mit $0 + W_l$ im Punkt 16 und von U_1 mit U_2 im Punkt 17 geht, ergibt im Krafteck die Länge von W_q . Die Kräfte W , U_1 und U_2 lassen sich dann in ihrer Größe durch Übertragung der Richtungen aus dem Lageplan in das Krafteck bestimmen.

Falls nun der Schnittpunkt von U_1 und U_2 im Krafteck nicht die gleichen Längskräfte von U_1 und U_2 ergibt wie der Aufriß, muß die Richtung von U im Aufriß geändert werden, wobei auch

0 und W im Krafteck länger oder kürzer werden können. Der Grundriß ist dann entsprechend zu korrigieren.

Erst wenn die Projektionen der Kräfte U_1 und U_2 auf die Längsachse im Grundriß und Aufriß die gleichen sind, kann man die Anlagekraft (A) im Grundriß durch Einzeichnen der Kraft W_0 vom Ursprungspunkt von W aus erhalten. Wenn die Richtung von A im Krafteck des Grundrisses von der angenommenen Richtung im Lageplan abweicht, muß A_w , die Reibungskomponente von A , im Aufriß geändert und der Gang der Lösung wiederholt werden.

Eine Kontrolle für die Richtigkeit der Lösung im Grundriß besteht in der Feststellung der Momente von 0 und W um den Schnittpunkt von U_1 und U_2 (Punkt 17), die gleich sein müssen.

Die Resultierende W ergibt mit dem Hebelarm b ein Moment um den Triebmittelpunkt des Schleppers bei nicht gesperrtem Differential (Punkt B_0). Der Punkt B_0 wird, so lange keine genaueren Angaben über die Aufstandspunkte der Triebräder vorliegen, in der Mitte der im Seitenriß gezeichneten Aufstandspunkte angenommen, die in den Grundriß projiziert sind.

Im Seitenriß, in der Heckansicht des Schleppers, können die Kräfte, deren Komponenten aus dem Grund- und Aufriß bekannt sind, zum Krafteck zusammengesetzt werden. Die Richtungen im Lageplan und im Krafteck müssen dann übereinstimmen.

Als Kontrolle für die Richtigkeit der Lösungen kann auch in dieser Ebene der Umstand dienen, daß sich die Kräfte W , 0 und U in einem Punkt schneiden (Punkt 23) und die Momente von W und 0 um den Schnittpunkt von U_1 und U_2 (Punkt 22) gleich sein müssen.

Die Seilstrahlen 1 bis 7, vom Krafteck übertragen, schneiden sich im Lageplan nicht in der Wirkungslinie von G , sondern im Abstand a daneben (2). Es entsteht ein Moment $G \cdot a$ um die Längsachse in Höhe von 11,7 mkg rechtsdrehend bei Sicht in Fahrtrichtung des Schleppers, das durch die Hubstangen des Krafthebers aufgenommen werden muß und schließlich zu einer Änderung der Radlasten führt. In Abbildung 2 ist ein Pflug mit Stützrolle gezeichnet. Die Gesamtbelastung der Triebachse $G'h$ ist infolge des Einflusses der Stützrolle kleiner als in Abbildung 1, da die Stützkraft C die Rolle größer ist als dort die Sohlenkraft S . Das Moment $G \cdot a$ im Seitenriß wird etwas größer, und zwar um so mehr, je weiter die Stützrolle seitlich vom Pflugkörper angebracht ist (gestrichelt in Abb. 2).

Die Wirkung der Resultierenden der Pflugkräfte (W) auf die am Schlepper auftretenden Kräfte und Momente wird in Abbildung 3 untersucht.

Zur Feststellung der Achslasten wird zunächst im Aufriß die resultierende Pflugkraft (W) mit dem Gewicht des Schleppers (G) vereinigt. Es sind dann vier Kräfte vorhanden, nämlich die Resultierende aus W und G die Triebkraft T und die Aufstandskräfte an den Vorder- und Hinterrädern (G'_v und G'_h). Die Aufstandspunkte werden entsprechend den bisherigen Untersuchungen [6] angenommen; die Rollwiderstände der Räder sollen dabei 6% hinten bzw. 8% vorn betragen. Die Wirkungslinien durch die Aufstandspunkte werden mit der Resultierenden von W und G bzw. der Triebkraft (T) zum Schnitt gebracht, wodurch sich die Culmann'sche Gerade (C_u) ergibt. Durch die Richtung von C_u erhält man die Achslasten G'_v und G'_h im Krafteck.

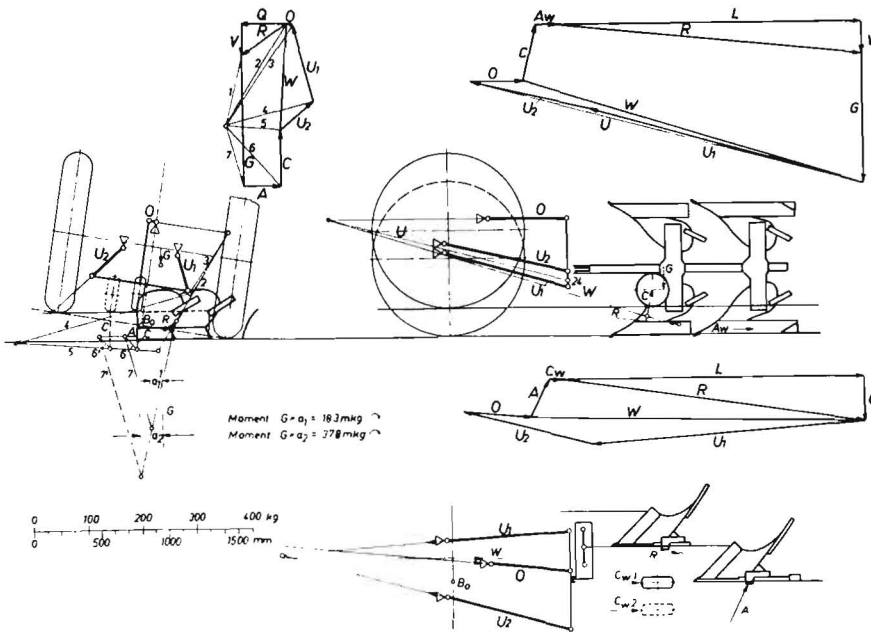


Abb. 2: Ermittlung der Kräfte und Momente bei einem zweifurchigen Drehpflug mit Stützrolle an der Dreipunktaufhängung

Um die Radlasten G'_l und G'_r bestimmen zu können, muß die Wirkungslinie von $(G'_h - W_S)$ ermittelt werden. Infolge der Dreipunktaufgabe mit den Punkten P am Pendelbolzen, sowie B_1 und B_2 an den Rädern, muß man im Grundriß einen Strahl vom Pendelpunkt P durch den Schwerpunkt (S) bis zum Schnittpunkt (S_1) mit der Verbindungslinie der Aufstandspunkte B_1 und B_2 ziehen.

Im Seitenriß kann man nun zur Ermittlung der Kraft $G'_h + W_q$ die Resultierende W mit $(G'_h - W_S)$ vereinigen, wobei letztere durch die Projektion des Punktes S_1 in diese Ebene geht. Die Größen der resultierenden Stützkräfte der beiden Räder sind dann mit Hilfe des Kraft- und Seilecks zu ermitteln. Die Summe ihrer senk-

rechten Komponenten ergibt wieder die Triebachslast G'_h . (Zur Vereinfachung der Zeichnung ist die unterschiedliche Zusammendrückung des rechten und linken Reifens nicht berücksichtigt.)

In der graphischen Feststellung der Radlasten ist das Moment um die Längsachse ($G \cdot a$), das in den Abbildungen 1 und 2 im Seitenriß ermittelt wurde, noch nicht enthalten. Es ist in der Tabelle 1 der Radlast G'_l rechnerisch hinzugefügt.

Außer der Querkraft W_q der waagerechten Komponente von W , die durch die Gegenkräfte W_{q1} und W_{q2} an den Rädern aufgenommen wird, sind die Querkräfte D_1 bis D_4 am Schlepper vorhanden (im Grundriß der Abb. 3); sie rühren von dem Mo-

ment um die Hochachse ($W \cdot b$) her. Im Seitenriß sind sie ebenso wie die Vorderräder des Schleppers mit den dazugehörigen Kräften weggelassen.

Sonderfall: die Kraft im oberen Lenker wird negativ:

Wenn man den in Abbildung 1 und 2 gezeichneten Pflug bei verschiedenen Böden und Furchentiefen untersucht, stellt man fest, daß die Kraft im oberen Lenker bei leichtem Boden und 20 cm Tiefe sehr klein wird und unter anderen Verhältnissen sogar negativ werden kann. Dies bedeutet, daß dann auch der obere Lenker auf Zug beansprucht wird.

Wenn man in diesem Falle den oberen Lenker als Kette oder mit Langlöchern bzw. mit einem Knickgelenk ausbildet (7), so steht der Pflug beim Einziehen stark auf der Spitze und wird erst durch die nach dem Eindringen in den Boden auftretenden Kräfte in seine horizontale Lage gebracht, wobei dann alle drei Lenker auf Zug beansprucht sind. Voraussetzung für das Funktionieren dieser Einrichtung ist, daß die Resultierende W außer im Augenblick des Auftreffens der Pflugspitze auf den Boden unter allen Arbeitsverhältnissen oberhalb des Schnittpunktes der Kraft U mit der Tragachse (Verbindungsline der beiden unteren Kupplungspunkte) im Aufriß (Punkt 24) verläuft. Dies läßt sich erreichen:

durch Vergrößerung des horizontalen Abstandes der Pflugkörper von den Kupplungspunkten, was zu einem ungünstig langen Aggregat Schlepper-Pflug führt,

durch Verkleinerung der Höhe der unteren Kupplungspunkte über der Scharebene, was den Durchgang beeinträchtigen kann,

durch seitliche Verlegung des Lenkerrapezes im Grundriß gegenüber dem Pflug und schließlich

durch Änderung des Abstandes der Stützrolle zu den Kupplungspunkten.

Um die Untersuchungen für verschiedene Böden und Furchentiefen weiter verfolgen zu können, ohne negative Werte für die Kraft 0 zu erhalten, wurde ein anderer Pflug mit einer größeren Höhe der unteren Kupplungspunkte über der Scharebene zu Grunde gelegt (Abb. 4). Die Kraft im oberen Lenker ist jetzt größer als in Abbildung 2. Das Moment im Seitenriß (Heckansicht des Schleppers) und die Anlagekraft A haben sich nicht wesentlich geändert.

Änderung der Kräfte und Momente bei unsymmetrischer Anbringung des Pfluges:

In Abbildung 5 ist das horizontale Gelenkviereck gegenüber dem Pflug bei gleicher Arbeitsbreite nach links in Fahrtrichtung gesehen verschoben. Es müssen dazu die Einstellungen für eine Parallelverschiebung (Punkt 8 nach 9) und eine Winkeländerung (a_1 nach a_2) der Richtlinie gegenüber der Tragachse (Verbindungsline der beiden unteren Kupplungspunkte) vorhanden sein. Die Werte der Tabelle 2 zeigen, daß durch

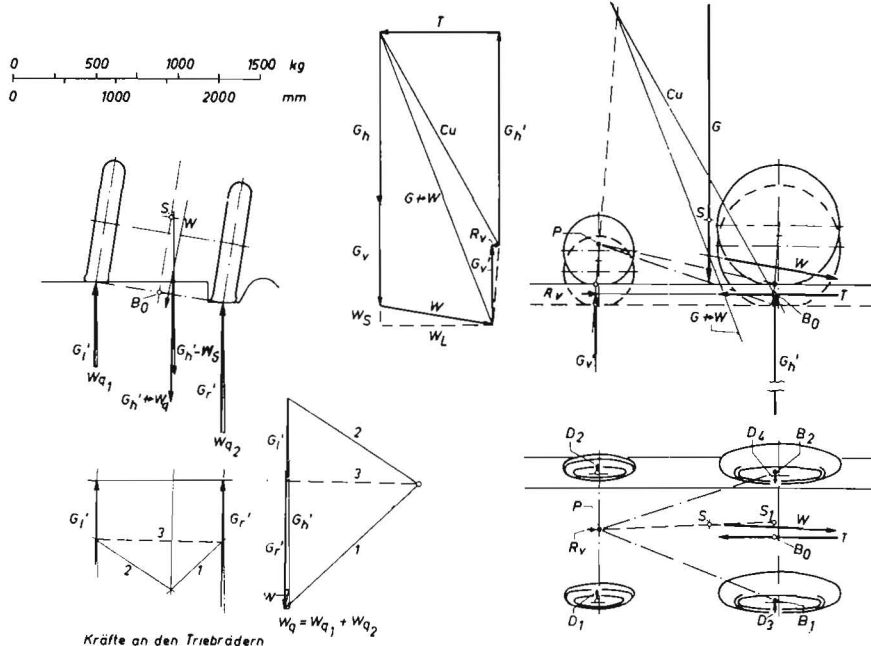


Abb. 3: Die Kräfte und Momente am Schlepper unter der Wirkung der Resultierenden der Pflugkräfte

Verschiebung der Lenker im Grundriß nach links um etwa 130 mm das rechtsdrehende Moment (in Fahrtrichtung gesehen) seinen Drehsinn wechselt und nun linksdrehend das Landrad belastet (bei gleicher Furchenbreite des Pfluges). Hierbei kann sich das Moment um die Hochachse (um B_0) ändern, wie das Beispiel zeigt.

Die Kräfte in den Hubstangen (H) während der Arbeit des Pfluges sind graphisch nach Abbildung 6 ermittelt. Zunächst werden die entgegengerichteten Kräfte (P) an den Lenkerenden errechnet; mit Hilfe von Kraft- und Seileck ergeben sich die Kräfte in den Hubstangen (H), die auf die Kraftheberarme wirken und dadurch die Kraftheberwelle auf Biegung bzw. Verdrehung beanspruchen. Die Wirkung der horizontalen Komponenten von H auf die Anlagekraft (A) ist bei Moment ($G \cdot a$) bis ± 30 mkg vernachlässigbar klein.

Die Wirkungen der Kräfte auf den Schlepper

Die Resultierende W und die Momente, die von den Lenkern und dem Hubgestänge auf den Schlepper übertragen werden, wirken sich auf die Zugkraft und die Lenkung des Schleppers aus.

a) Zugkraft

Die Triebachslast wird durch die Resultierende aller Pflugkräfte (W) vergrößert (Abb. 3), und zwar durch die „Achslastverlagerung“ und die Zusatzlast der senkrechten Komponente (W_s). Der Schlepper soll eine Zugkraft W_t aufbringen; dazu müssen die Reifen gemeinschaftlich eine Triebkraft $T = W_t + R_v$ ($R_v =$ Rollwiderstand der Vorderräder) übertragen können [6]. T wird in erster Linie durch die Radlasten, die aus Abbildung 3 bekannt sind, bestimmt, wobei wegen der Wir-

kung des Differentials die Last auf dem Landrad das übertragbare Drehmoment beider Räder begrenzt. Bei einem bereits günstig angenommenen Kraftschlußbeiwert für das Landrad von 0,45 können beide Triebräder zusammen eine Kraft T in Höhe von $0,9 G_t$ übertragen.

Wird das Differential gesperrt, so wandert der Zugpunkt der Schlepper (B_0) zu dem stärker belasteten Rad in der Furche hin [8]. Die Zugkraft beträgt in diesem Falle $0,45 \cdot G_h$, ist also größer geworden.

b) Lenkung

Eine zu große Entlastung der Vorderachse zugunsten der Triebachse durch die Resultierende W muß vermieden werden, um genügend hohe Seitenführungskräfte an den Vorderrädern, also eine ausreichende Lenksicherheit zu behalten, wenn das Moment um die Hochachse groß ist. Unter Wirkung der Differentialsperre oder der Lenkbremse kann das Moment am Schlepper um die Hochachse gleich Null werden, so daß ein Einschlag der Vorderräder bei Geradeausfahrt nicht mehr notwendig ist.

Für die gewählte Anlenkung (Abb. 4) und den zweifurchigen Drehpflug sind in Tabelle 1 bei verschiedenen Furchentiefen sowie bei leichtem und schwerem Boden (bei Getzclaff [2] mit den Buchstaben A und E bezeichnet) für einen mittleren Wert von L sowie für extreme Werte von V und Q die für Zug und Lenkung entscheidenden Größen zusammengestellt.

Aus dieser Übersichtstabelle lassen sich folgende Tendenzen für den Verlauf der Kräfte und Momente herauslesen:

1. Einfluß auf die Zugfähigkeit des Schleppers

a) Die Triebachslast steigt mit der Furchentiefe und der Schwere des Bodens von 1044 kg (stat.) bis 1390 kg an. Im Höchsfalle wird eine zusätzliche Belastung von 346 kg erreicht. Dabei beträgt die Stützkraft an der Rolle 43 kg. Wie bereits oben gesagt, ist für die Zugkraft des Schleppers nur bei gesperrtem

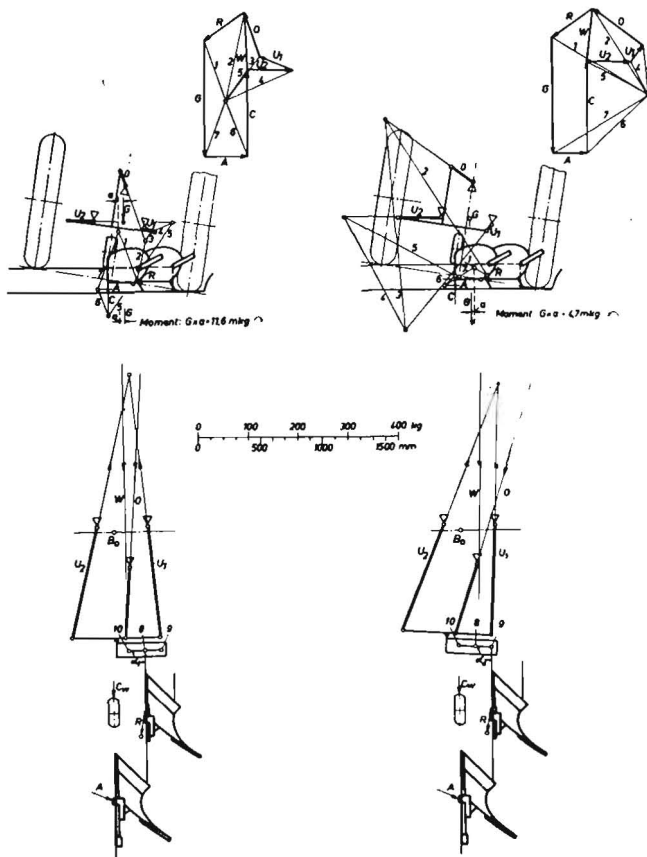


Abb. 5: Einfluß einer Verschiebung des Gelenkvierecks in der Horizontalebene bei gleicher Pflugbreite auf die Kräfte und Momente (Tabelle 2)

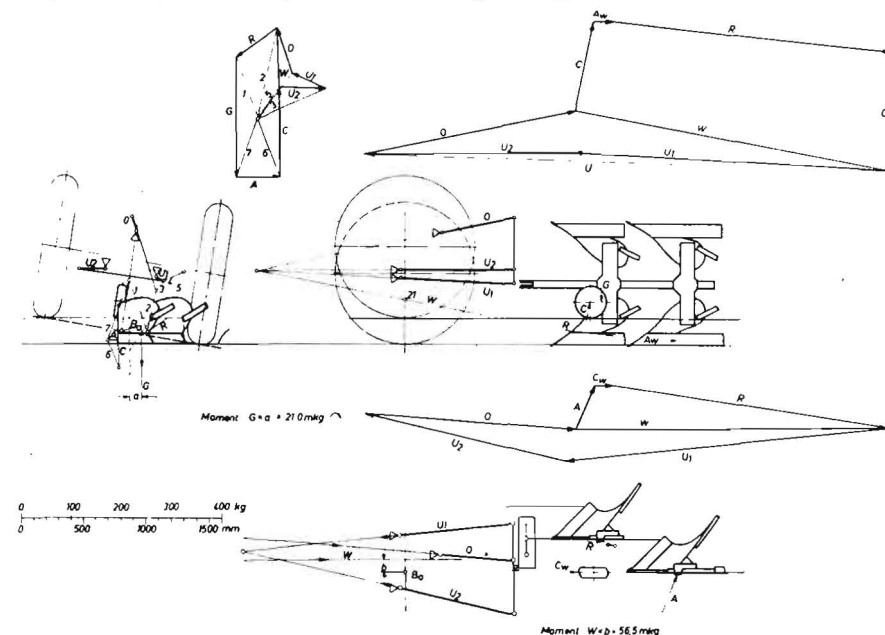


Abb. 4: Die Pflugkräfte bei einem Gelenkviereck mit größerer Höhe der Kupplungspunkte über der Scharebene (Grundlage für Tabellen 1 und 2)

Tabelle 2

Seitenverschiebung des Gelenkvierecks im Grundriß; (Abbildung 5) zweifurchiger Drehpflug, 20 cm Furchentiefe und schwerer Boden.

L mittel = 550 kg, V min = 56 kg,
Q min = 82 kg

Punkt	Seitenlage zur Drehachse	α	Stützkraft C kg	Anlagekraft A kg	Moment um Längsachse mkg	Moment um Hochachse mkg
8	23 cm	$\alpha 1$	179	94	11,6 r	56,5
9	36 cm	$\alpha 2$	179	73	4,7 l	92,5
10	10 cm	$\alpha 3$	190	102	40,0 r	43,8

„r“ = rechtsdrehend
„l“ = linksdrehend

vorrufen. Hierauf muß bei der Konstruktion der Pflüge und Anlenkungen geachtet werden. (Das Spiel um die Längsachse wurde bei verschiedenen Ausführungen mit einem Winkel von 2° bis 4° an der Anlenkung und dem Hubgetriebe sowie 4° in der Rastung des Drehpfluges gemessen.) Durch Anbringung eines Gewichtes, das den Schwerpunkt des Pfluges nach dem Landrad hin verschiebt, kann ein Wechsel des Momentes bei verschiedenen schwerem Boden und beim Einziehen vermieden werden. Ein solches „Gegengewicht“ kann auch das Drehen des Pfluges am Feldende erleichtern; ferner wird durch das zusätzliche Gewicht die Triebachslast etwas vergrößert.

Beim Wechselflug belastet die nicht arbeitende Pflughälfte das Landrad, unterstützt also ein Moment $G \cdot a$, das im gleichen Sinne wirkt, was beim Drehpflug nicht der Fall ist. Wenn man die Voraussetzungen bei einem Drehpflug an der Dreipunktaufhängung, bei einem Wechselflug und bei einem aufgelösten Drehpflug gleichhält (gleiche Sohlenkraft bei der Tiefe 20 cm, gleicher Abstand der vorderen Scharspitze von der Triebachse und gleiche Gesamtgewichte der Pflüge) ergeben sich die Verhältnisse, die in

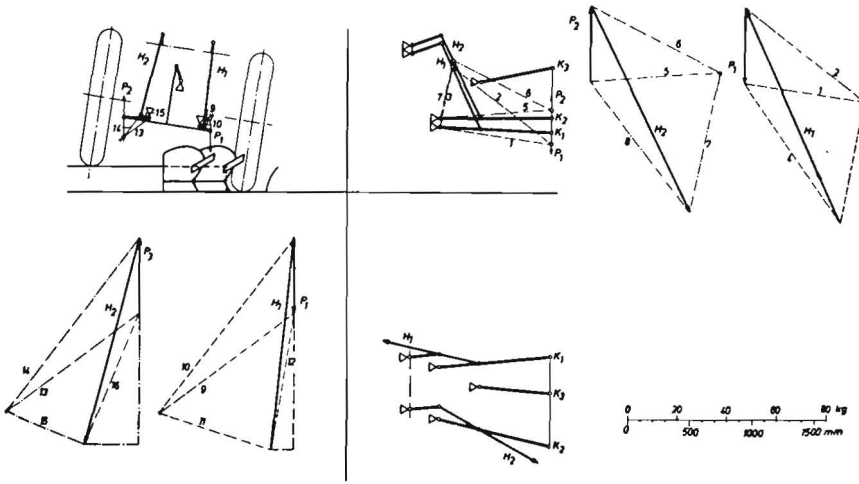


Abb. 6: Ermittlung der Kräfte in den Hubstangen

Das Kräftepaar P_1-P_2 ist gleich einem vorher ermittelten rechtsdrehenden Moment $G \cdot a$; die Polstrahlen 1 und 3, 5 und 7 im Aufriß und die Polstrahlen 9 und 11, 13 und 15 im Seitenriß werden durch die Anlenkpunkte der unteren Lenker am Schlepper gelegt, da die Richtungen der in diesen Gelenken wirkenden Kräfte nicht bekannt sind. Diese Gelenkkkräfte ergeben sich als Resultierende zu den Kräften P und H in den Kräftecken.

Differential die gesamte Triebachslast maßgebend, während der Zug bei arbeitendem Differential von der Belastung des Landrades ($G'1$) und dessen Kraftschlußbeiwert abhängt.

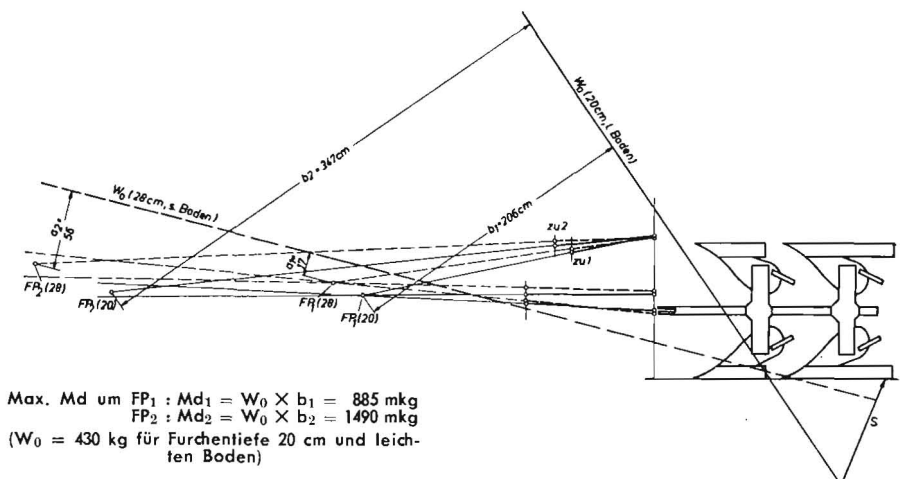
Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß die mit größerer Furchentiefe wegen der Schrägstellung des Schleppers wachsende Entlastung des Landrades durch die zusätzliche Belastung der Triebachse so ausgeglichen wird, daß sich die mögliche Zugkraft nur in geringen Grenzen ändert. Dagegen steigt der Zugwiderstand des Pfluges (W_1) von der Furchentiefe 10 cm bis 28 cm auf mehr als das Sechsfache an, so daß der Schlepper mit den in Abbildung 3 angenommenen Achslasten bei schwerem Boden und 20 cm Tiefe bereits Zusatzgewichte benötigt, um den Pflug noch ziehen zu können.

- b) Die Stützkraft an der Sohle bzw. an der Rolle wird vom schweren zum leichten Boden größer; sie erreicht bei einer Tiefe von 20 cm und leichtem Boden unter den gemachten Voraussetzungen ihr Maximum. Da durch eine große Stützkraft bei gleichem W_0 die Triebachslast herabgesetzt wird, sollte die Stützkraft möglichst klein gehalten werden (sie darf aber niemals einen negativen Wert annehmen). Dies läßt sich z. B. dadurch erreichen, daß durch einen steileren oberen Lenker der Abstand des Führungspunktes vor der Hinterachse möglichst verkürzt wird. Abbildung 7 zeigt, daß die maximalen Drehmomente (bei 20 cm Tiefe und leichtem Boden), die für die größte Stützkraft maßgebend sind, kleiner werden, je näher der ideale Führungspunkt an der Hinterachse liegt.

- c) Das Moment $G \cdot a$ im Seitenriß ist bei flacher und mittlerer Furche

rechtsdrehend, entlastet also das Landrad. (In Abbildung 4 das linke.) Es wird bei schwerem Boden und bei etwa 25 cm Tiefe Null und bei größerer Tiefe linksdrehend. Durch seitliche Verschiebung des Gelenkvierecks in der Horizontalebene (Abb. 5, Tabelle 2) kann die Richtung und Größe des Momentes ($G \cdot a$) beeinflusst werden, so daß auch bei einer Furchentiefe von 20 cm ein linksdrehendes Moment entsteht. In diesem Falle wird das Landrad in erwünschter Weise belastet, während in den anderen Fällen eine Entlastung des Landrades auftritt. So gering sie auch ist, kann sie unter Grenzbedingungen für das Ziehen des Schleppers von Bedeutung sein.

Die Drehrichtung des Momentes ist außerdem dafür maßgebend, in welcher Richtung das Spiel in den Gelenken der Aufhängung einschließlich des Krafthebers ausgeschaltet wird. Ein Wechsel des Momentes, besonders vor und bei dem Einziehen in den Boden, kann ein Drehen des Pfluges um die Längsachse nach rechts oder links her-



$$\text{Max. Md um FP}_1 : \text{Md}_1 = W_0 \times b_1 = 885 \text{ mkg}$$

$$\text{FP}_2 : \text{Md}_2 = W_0 \times b_2 = 1490 \text{ mkg}$$

($W_0 = 430 \text{ kg}$ für Furchentiefe 20 cm und leichtem Boden)

Abb. 7: Einfluß der Lage des Führungspunktes auf die Stützdrukke an der Sohle oder Rolle (bei unterschiedlichen Gelenkvierecken in der Vertikalebene)

Tabelle 3

Moment um die Hochachse und Anlagekraft bei verschiedener Konvergenz der Lenker im Grundriß; zweifurchiger Beetpflug 20 cm Furchentiefe, gleiche Furchenbreite, resultierende Kraft W etwa 430 kg.

Drei Stellungen des Gelenkvierecks im Grundriß:

Stellung 1 normal

Stellung 2 150 mm n. rechts verschoben

Stellung 3 160 mm n. links verschoben

Stellung	Abstand des Führungspunkts von der Hinterachse	Abstand des Führungspunkts von der Vorderachse	Md um Hochachse mkg	Anlagekraft A kg
1	2,50 m	60 r	170	
2	2,50 m	80 r	184	
3	2,50 m	27 r	158	
1	1,65 m	53 r	170	
2	1,65 m	83 r	185	
3	1,65 m	6 r	145	

„r“ = rechtsdrehend
 „l“ = linksdrehend

Abbildung 8 gezeigt sind. Wenn auch die Unterschiede nur klein sind, so können sie doch unter extremen Bedingungen eine Rolle spielen. Die notwendige Zusatzlast am Schlepper würde bei fest aufliegender (belasteter) Stützrolle noch größer sein müssen.

2. Einfluß auf die Lenkung des Schleppers

Das Moment ($W \cdot b$) um die Hochachse (Triebmittelpunkt B_0 in Abbildung 3) bei ungesperrtem Differential fällt mit abnehmender Furchentiefe und leichtem Boden; es wechselt bei der 10 cm tiefen Furche und leichtem Boden sogar seinen Drehsinn. Durch dieses Dreh-

Schleppergewicht ohne Zusatzlast 1870 kg $k = 0,5$ $p = 65 \text{ kg/dm}^2$ $Q = 20 \times 50 \text{ cm}$	Last				Zusatzlast auf Triebachse kg
	Triebachse kg	Furchenrad kg	Landrad kg	Notwendig auf Landrad kg	
	1524	894	630	650	46
	1529	888	641	650	21
	1530	880	650	650	0

Abb. 8: Die notwendige Zusatzlast auf der Triebachse bei verschiedenen Pflugsystemen

moment ergeben sich Seitenkräfte auf die Räder (D in Abbildung 3) bei einem Radstand von 1,7 m bis zu 53 kg. Hierdurch werden die Schlepperräder vorn nach der einen Seite, hinten nach der entgegengesetzten gedrückt.

Durch den Lenkeinschlag der Vorderäder wird eine seitliche Abweichung des Schleppers an der Vorderachse verhindert, während die auftretende Seitenkraft an den Hinterrädern im Gleichgewicht mit der Seitenführungskraft der Reifen stehen muß. Mit Hilfe der Differentialsperre oder der Lenkbremse können sowohl die Seitenkräfte an der Vorder- wie an der Hinterachse zu Null werden, da das Moment um die Hochachse durch unterschiedliche Triebkräfte aufgehoben ist.

Die Annahme, daß eine stärkere Konvergenz der unteren Lenker, die für einen größeren Rückstellwinkel erwünscht wäre, das Moment um die Hochachse ($W \cdot b$) merklich vergrößert und sich ungünstig auf die Lenkung auswirkt, trifft nicht zu, wie Tabelle 3 zeigt. (Durch eine stärkere Konvergenz

wird der Führungspunkt im Grundriß näher an die Hinterachse herangerückt.) Dabei bleibt auch die Anlagekraft des Pfluges (A) in den üblichen Grenzen.

Schrifttum:

[1] Skalweit, H.: Die Führungskräfte von Schlepper-Arbeitsgeräten bei den genormten Anbausystemen. Grdlg. d. Ldt., H. 4/1953, VDI-Verl., Düsseldorf.
 [2] Skalweit, H.: Kräfte zwischen Schlepper und Arbeitsgerät (Kräfteermittlung in den drei Ebenen bei reellem Führungspunkt — dort Seite 26). Grdlg. d. Ldt., H. 1/1951, VDI-Verl., Düsseldorf.
 [3] Hain, K.: Zur Kinematik der Tiefenhaltung von Schlepperanbaugeräten. Grdl. d. Ldt., H. 3/1952, VDI-Verl., Düsseldorf.
 [4] Skalweit, H.: Die bei der Tiefenhaltung von Schlepperanbaugeräten auftretenden Kräfte. Grdl. d. Ldt., H. 3/1952, VDI-Verl., Düsseldorf.
 [5] Getzlaff, G.: Messung der Kraftkomponenten an einem Pflugkörper. Grdl. d. Ldt., H. 1/1951 und H. 3/1952, VDI-Verlag, Düsseldorf.
 [6] Bock, G.: Feldversuche über die Zugfähigkeit von Ackerschlepper-Reifen (dort Seite 88). Grdl. d. Ldt., H. 3/1952, VDI-Verl., Düsseldorf.
 [7] Seifert, A.: Schlepper und Pflüge in Rambouillet. Landtechnik, 9. Jg. 1954, H. 22, S. 673.
 [8] Meyer, H.: Beiträge zur Beurteilung von Schlepperbauarten (dort Seite 113). Berichte über Landtechnik, H. 3/1948, Verlag Neureuter.
 [9] "Weight, were you want it." Farm. Mechan. May 1953, S. 205.

Résumé:

Dipl.-Ing. H. Skalweit: „Einfluß der Pflugkräfte auf Schlepper mit Dreipunktaufhängung.“

Die Ermittlung der Kräfte und Momente, die von einem Pflug an der Dreipunktaufhängung auf den Schlepper ausgeübt werden, wird ausführlich und mit Abbildungen erläutert. Der Einfluß der Kräfte auf den Zug und die Lenkung des Schleppers wird untersucht und aus den Änderungen der Kräfte bei zwei verschiedenen Böden und drei Furchentiefen werden Schlußfolgerungen gezogen, die von Bedeutung für die Gestaltung der Dreipunktaufhängung sind.

Dipl.-Ing. H. Skalweit:

„The Influence of Forces at the Plough on Agricultural Tractors with Three-point Suspension.“

The calculation of the forces and moments exercised by a plough on the three-point suspension of an agricultural tractor is fully described and illustrated. The influence of the force on the tractive effort required and on the steering mechanism of the tractor is examined. Conclusions of importance in the design and construction of three-point suspensions are obtained from measurements of the alterations in the forces when ploughing in two different types of soils and at three different depths of furrow.

Dipl.-Ing. H. Skalweit: «L'influence des efforts développés par la charrue sur le tracteur muni d'un attelage en forme de V.»

La détermination des efforts et couples exercés par une charrue sur le tracteur par l'intermédiaire d'un attelage en forme de V est largement expliquée et illustrée. L'influence des efforts sur la traction et la direction du tracteur est examinée et on tire des variations des efforts mesurées sur deux sols de structure différente et trois profondeurs différentes de raie des conclusions qui sont particulièrement importante pour la construction des attelages en forme de V.

Ing. dipl. H. Skalweit:

«La influencia de los esfuerzos ejercidos por el arado en los tractores con suspensión en tres puntos.»
 La investigación de los esfuerzos y de los momentos ejercidos sobre el tractor por un arado en la suspensión en tres puntos, se comenta en detalle con acompañamiento de grabados. Se investiga la influencia de los esfuerzos sobre la tracción y la conducción del tractor, sacándose conclusiones de las variaciones en los esfuerzos originados por dos suelos y por tres profundidades de surco distintos que resultan de interés para la disposición de la suspensión.